

# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



## Dipartimento di Medicina Veterinaria e Produzioni Animali

**DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE CLINICHE E FARMACO -  
TOSSICOLOGICHE VETERINARIE**

**INDIRIZZO PATOLOGIE DELL'APPARATO LOCOMOTORE DEGLI  
ANIMALI DOMESTICI**

### **Impiego della tecnica di avanzamento della tuberosità tibiale “Modified Maquet Procedure MMP Orthomed” per il trattamento della rottura del legamento crociato craniale nel cane di grossa taglia**

**Il Coordinatore del Corso di Dottorato**  
Ch. mo Prof. Paolo Ciaramella

**Il Docente guida:**  
Ch. mo Prof. Francesco Lamagna

**Dottorando:**  
Dr. Giovanni Della Valle

**DOTTORATO DI RICERCA XXVI CICLO**  
2011-2014

## Sommario

ABSTRACT .....	4
INTRODUZIONE .....	5
ANATOMIA FUNZIONALE DEI LEGAMENTI CROCIATI .....	7
BIOMECCANICA DELL'ARTICOLAZIONE DEL GINOCCHIO .....	10
Articolazione in condizioni fisiologiche .....	10
Biomeccanica del ginocchio con rottura del LCCr .....	14
MECCANISMO BIOMECCANICO DELLE OSTEOTOMIE CORRETTIVE .....	16
Osteotomia livellante del plateau tibiale TPLO .....	16
Avanzamento della tuberosità tibiale TTA .....	17
Differenza tra TPLO e TTA .....	19
EZIOPATOGENESI DELLA ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE .....	21
DIAGNOSI DI ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE	28
Segnalamento e anamnesi .....	28
Esame Clinico .....	30
DIAGNOSTICA PER IMMAGINI.....	35
Esame Radiografico .....	35
Esame ecografico .....	36
Risonanza magnetica.....	37
Tomografia Computerizzata .....	38
Artroscopia.....	39

AVANZAMENTO DELLA TUBEROSITA' TIBIALE (TTA), DESCRIZIONE DELLE TECNICHE. ....	40
TTA Tecnica Classica .....	40
TTA con Tecnica di Maquet modificata MMT.....	42
Modified Maquet Procedure MMP .....	44
Orthofoam MMP wedge .....	47
PARTE SPERIMENTALE .....	51
MATERIALI E METODI.....	51
Valutazioni preoperatorie.....	51
Protocollo valutazione su pedana di forza .....	52
Valutazione radiografica preoperatoria .....	54
Scelta dell' OrthoFoam™ MMP wedge .....	54
Protocollo anestesiológico .....	57
Tecnica chirurgica “Modified Maquet Procedure” .....	58
Tecnica Extrarticolare di De Angelis modificata.....	59
Follow-up .....	60
Analisi Radiografica.....	60
Analisi Statistica .....	62
RISULTATI .....	63
DISCUSSIONI .....	69
CONCLUSIONI.....	74
Bibliografia.....	77

## **ABSTRACT**

The modified Maquet Procedure (MMP) uses the same principle as the tibial tuberosity advancement (TTA) for stabilization of the cranial cruciate ligament-deficient stifle in the dog.

In the MMP, the tibial tuberosity is advanced in a similar manner to that used in the TTA, however the means by which the tibial crest is stabilized differs. The plate and fork originally described by Montavon et al., are not used. The MMP was first described by Maquet for use on humans; it leaves intact a distal bony attachment to the tibial shaft, and the tuberosity is either reinforced or not by a figure-of-eight wire. In this paper, we describe the MMP, radiographic bone healing, degree of arthrosis, force plate analysis and we report the results of our first 7 canine patients with cranial cruciate ligament rupture that were treated by the MMP. The data of force plate analysis of dogs treated with the MMP were compared with data results of force plate analysis of dogs treated with the extrarticular De Angelis modified technique.

The evidence provided by this clinical communication suggests that it is technically possible to achieve an advancement of the tibial tuberosity without the need for a plate, using a titanium foam wedge "OrthoFoam™ MMP wedge". The MMP deserves consideration as a primary treatment option for cranial cruciate ligament rupture in dogs, and further evaluation in large clinical studies. Long-term follow-up and a larger sample would be necessary to a better evaluation of minor and major complicate, and to compare MMP to both TTA and TPLO.

## INTRODUZIONE

La rottura del legamento crociato craniale (LCCr) rappresenta la principale causa di zoppia nel cane. La rottura parziale o completa determina instabilità articolare che innesca una cascata di eventi patologici secondari che includono la progressiva osteoartrosi e le lesioni meniscali. Diverse sono le tecniche chirurgiche messe a punto per il trattamento della rottura del LCCr tutte presentano potenziali vantaggi e svantaggi. Dalle iniziali tecniche intra ed extra articolari si è poi passati nel 1984 alla “Tibial Wedge Osteotomy” (TWO), nel 1993 alla “Tibial Plateau levelling Osteotomy” (TPLO) fino ad arrivare al 2002 con la “Tibial Tuberosity Advancement” (TTA). Nel 2002 Montavon, Damur e Tepic per primi ipotizzarono che un avanzamento della cresta tibiale fosse sufficiente ad annullare le forze di spinta craniale che si realizzano, normalmente, durante il passo e che si rendono responsabili, in corso di rottura del LCCr, della sublussazione della tibia rispetto al femore. Lo scopo di tale tecnica consiste nel modificare l’angolo tra il plateau tibiale ed il tendine tibiorotuleo in maniera da portarlo approssimativamente intorno ai 90°. Diversi studi clinici hanno dimostrato risultati soddisfacenti di tale tecnica sovrapponibili a quelli della già consolidata TPLO.

La TTA è una tecnica proposta da Maquet, che nel 1976 propose questo tipo di avanzamento della tuberosità tibiale per ridurre la pressione patello-femorale in casi di condromalacia e dolore cronico nell’uomo. La TTA proposta da Montavon e coll. prevedeva un’osteotomia completa, sul piano frontale, della cresta tibiale; l’avanzamento desiderato era ottenuto con l’inserimento di un cage (distanziatore) in titanio, la fissazione della cresta invece era realizzata mediante l’applicazione di una placca appositamente customizzata che fungesse da banda di tensione.

Etchepareborde e coll. nel 2011 proposero una modifica della tecnica di Maquet, che consisteva nell'ottenere una osteotomia non completa della cresta tibiale che era fissata esclusivamente da un cage senza l'impiego dall'apposita placca. Nel 2012 Ness propose un'ulteriore modifica di tale tecnica. La "Modified Maquet Procedure" MMP, che partendo dagli stessi principi biomeccanici e di biological repair, della TTa classica e della MMT, sostituiva il cage con un apposito cuneo in schiuma di titanio (Ti Foam).

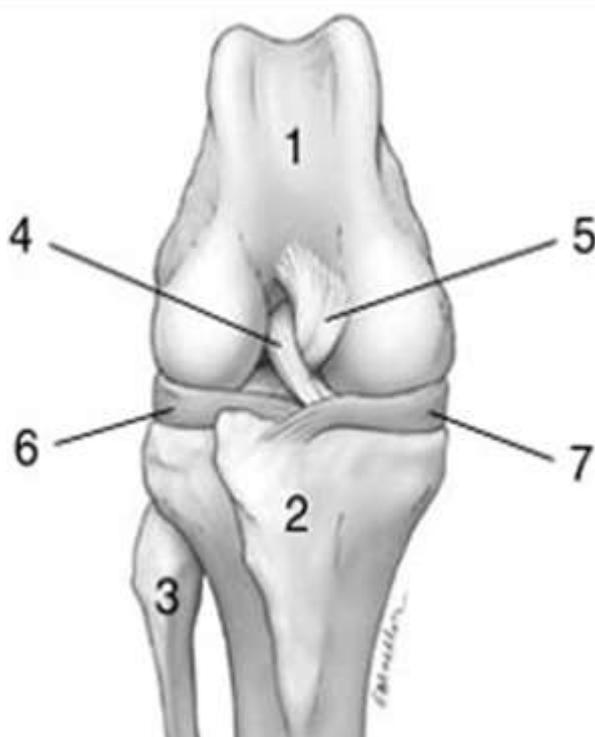
Lo scopo di questo lavoro preliminare consiste nel descrivere, la tecnica MMP ed i risultati ottenuti con l'applicazione, valutare le eventuali complicanze nel breve termine (Follow-up 3 mesi), monitorare il grado di artrosi e l'evoluzione della zoppia mediante osservazioni cliniche e l'impiego di una pedana di forza confrontando quest'ultimo dato con quello ottenuto in un gruppo di soggetti con rottura del LCCr trattati con tecnica extrarticolare di De Angelis modificata.

# ANATOMIA FUNZIONALE DEI LEGAMENTI

## CROCIATI

Il legamento crociato craniale (LCCr) origina in una fossetta sulla faccia mediale del condilo femorale laterale; l'inserzione ha forma di semicerchio con contorno convesso in direzione caudale, limite anteriore ha forma tendenzialmente conica e asse maggiore con orientamento tendente ad essere verticale. Si porta distalmente, in direzione cranio-mediale e prende inserzione sull'area intercondiloidea craniale della tibia, formando una sorta di virgola ad orientamento cranio-caudale. La lunghezza del legamento è direttamente proporzionale al peso dell'animale, con una media di 13.5-18.77mm (Vasseur 1985; Wingfield et al. 2000). La sua larghezza non è costante lungo il decorso: si apre a ventaglio in corrispondenza delle inserzioni prossimale e distale e presenta un restringimento nella sua porzione mediana. Nel legamento crociato craniale (LCCr) si riconoscono morfologicamente due componenti: la *banda cranio mediale* (BCM), formata dalle fibre che originano dalla porzione cranio dorsale dell'inserzione femorale e che si estendono cranio medialmente fino all'attacco tibiale, e la *banda caudo laterale* (BCL), composta dalla parte restante del legamento (Girgis et. Al 1975; Arnoczky 1983; Mott 1983). Le inserzioni del legamento sono orientate in maniera tale che esso descriva lungo il suo decorso una spirale laterale esterna di 90°. Inoltre mentre le inserzioni femorali di entrambi i legamenti crociati si trovano dietro l'asse di flessione, solo l'attacco tibiale del LCCr si trova anteriormente ad esso. In tal modo, con il ginocchio in flessione, l'orientamento verticale dell'inserzione del LCCr sul femore diviene orizzontale, avvicinando l'origine femorale e tibiale della banda postero laterale (Fig.1). Da ciò deriva che, sebbene

nel suo insieme il legamento sia teso durante l'estensione e rilassato durante la flessione, quando il ginocchio si trova in flessione, il legamento si piega e si torce su se stesso; in particolare la BCM cinge la BCL torcendosi in senso orario nel ginocchio destro ed in senso antiorario nel ginocchio sinistro (Ferretti A. , Conteduca F, 1997). Questo fa sì che BCL sia tesa durante l'estensione e rilassata durante la flessione, mentre la BCM rimanga tesa in ambedue le posizioni.



**Figura 1: Anatomia dell'articolazione del ginocchio nel cane: 1 solco trocleare; 2 cresta tibiale; 3 testa della fibula; 4 LCCr; 5 LCCa; 6 menisco laterale; 7 menisco mediale**

Il legamento crociato caudale (LCCa) è leggermente più lungo e largo di quello craniale (Rudy 1974; Arnoczky, Marshall 1977; Harari 1993). Prende origine, con un'inserzione di forma vagamente ellittica, in una fossetta situata sulla faccia

ventro-laterale del condilo femorale mediale e, con andamento postero-distale, termina sul margine caudale della porzione mediale dell'incisura poplitea della tibia. L'orientamento della tibia e l'inserzione femorale del legamento, inducono quest'ultimo a delineare una spirale con lieve torsione in senso mediale, e ciò provoca una leggera rotazione su se stesso quando il ginocchio è in flessione. Anche nel LCCa è possibile identificare due componenti: una craniale, che forma la maggior parte del legamento, ed una caudale; a differenza di quanto accade nel LCCr, queste bande sono spesso difficilmente distinguibili e indivisibili (Heffron, Campbell 1978; Harari 1993). Con il ginocchio in flessione l'inserzione femorale del LCCa (orizzontale) assume un orientamento verticale, allontanando l'attacco della porzione craniale dall'inserzione tibiale e avvicinando le origini femorale e tibiale della porzione caudale del legamento. Ne risulta che, mentre nel complesso il LCCa sia rilassato in estensione e teso in flessione, la sua porzione craniale segue questo andamento mentre quella caudale si comporta in maniera opposta.

# BIOMECCANICA DELL'ARTICOLAZIONE DEL GINOCCHIO

## Articolazione in condizioni fisiologiche

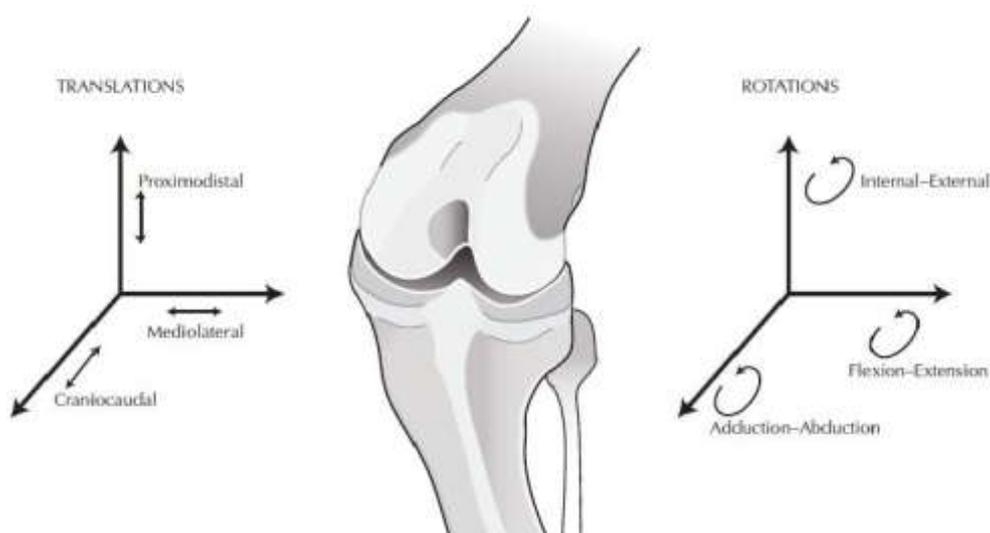
L'articolazione femoro-tibio-rotulea è una complessa diartrosi sinoviale a cui sono consentiti movimenti su tre piani: sagittale, longitudinale e trasverso. Il range of motion (ROM) dell'articolazione è di circa 160° in massima estensione e di circa 40° in flessione. La flessione ed estensione del ginocchio si realizza grazie alla contestuale rotazione e scivolamento dei condili femorali sul plateau tibiale. Nel cane, durante il passo, a carico dell'arto posteriore, si assiste ad un momento flessorio che ha inizio con il contatto del piede al suolo e termina a metà della fase di sospensione dell'arto; a questo fa seguito un momento estensorio che porta al completamento della fase di sospensione del passo (Colborne et al. 2005). Durante la flessione il legamento collaterale laterale si rilassa e ciò fa sì che il contatto femoro-tibiale sia maggiore sul versante laterale del plateau tibiale rispetto a quello mediale, il condilo femorale laterale in queste condizioni scivola posteriormente consentendo un certo grado di intra-rotazione della tibia sul femore. Questo fenomeno si realizza anche nell'uomo ed è indicato come meccanismo "screw-home". A questo insieme di movimenti partecipano anche i menischi che in flessione, scivolano posteriormente poiché spinti indietro dai condili femorali e tirati dalle inserzioni dei muscoli flessori del ginocchio, in estensione avanzano, in quanto spinti in avanti dai condili femorali. L'articolazione del ginocchio, pertanto, non si comporta come puro perno articolare infatti sul piano sagittale, durante la flessione-estensione si realizza non

solo una leggera rotazione sull'asse longitudinale in senso latero-mediale ma anche una traslazione in senso cranio-caudale. Sul piano trasverso invece sono consentiti dei limitati movimenti in senso varo e valgo. Il modello biomeccanico tradizionale del ginocchio considera le strutture intra e peri articolari come le uniche responsabili della stabilità del ginocchio (Martini, 2005). Un modello di connessione a quattro barre garantirebbe tale stabilità. Le quattro componenti che formano tale connessione sono il legamento crociato craniale (LCCr), il legamento crociato caudale (LCCa), la porzione del femore tra le estremità prossimali dei legamenti "narrow intercondylar notch" (ICN) e la porzione di tibia tra le estremità distali dei legamenti "steep tibial plateau slope". Secondo questo modello sono i legamenti che in maniera passiva consentono la stabilità all'articolazione. Il modello biomeccanico attivo, invece, amplia il precedente prendendo in considerazione le forze generate dalla contrazione muscolare e dal carico ponderale (Martini 2005). Secondo questo modello sono le masse muscolari, la cui contrazione determina la flessione ed estensione dell'articolazione, assieme ai legamenti a garantire la stabilità del ginocchio (Martini 2005). Anche l'articolazione femoro-rotulea svolge un importante ruolo nella stabilizzazione del ginocchio. La rotula si comporta da puleggia durante la flessione ed estensione dell'articolazione, migliorando, così, il braccio di leva del meccanismo del Mm. quadricipite femorale. Ciò fa sì che, durante la flessione ed estensione, si generi una forza di compressione retro patellare che contribuisce alla stabilità dinamica dell'articolazione. Anche le strutture teno-legamentose ed i tessuti molli peri-articolari, in maniera primaria e secondaria contribuiscono alla stabilità dell'articolazione.

Le forze che si generano durante il passo si scaricano attraverso l'articolazione in cui il plateau tibiale, comportandosi da piano inclinato, da origine alla "spinta

tibiale craniale o *cranial tibial thrust*” (CTT). Il LCCr è uno dei principali mezzi di fissità interni all’articolazione; previene la traslazione in senso craniale della tibia sul femore “segno del cassetto”, contrastando il CTT, e la rotazione interna-esterna della tibia durante la flessione. La principale struttura che impedisce questo movimento(segno del cassetto) è la BCM, infatti, se si lesiona la sola BCL non si ha alcun apprezzabile segno del cassetto anteriore né in estensione né con il ginocchio a 90°. In caso di lesione della BCM invece, il ginocchio risulta stabile in estensione, poiché la BCL è in tensione, ma non flessione, dato che in questa posizione la BCL è rilassata e permette il movimento del cassetto craniale. Il LCCa limita la traslazione caudale della tibia (segno del cassetto caudale) ed in misura minore rispetto al precedente contribuisce a limitare la rotazione intera-esterna. I menischi laterale e mediale rappresentano invece dei mezzi di stabilizzazione secondari in condizioni fisiologiche. Essi si oppongono alla traslazione ed alla rotazione dei condili femorali, in maniera primaria, solo in condizioni di rottura del LCCr. Nella rottura del legamento crociato craniale, il menisco mediale, essendo una struttura dotata di scarsissima mobilità, si comporta da stabilizzatore primario, agendo come un cuneo e opponendosi alla traslazione ed alla rotazione dei condili femorali (Pozzi et al. 2006). In queste condizioni la porzione più caudale del corpo del menisco mediale, che si incunea tra il femore e la tibia, risulta completamente schiacciata all’interno dell’articolazione ed è spesso sede di lesione. Quella più comune è definita a “manico di secchio” e consiste in una lacerazione trasversale della porzione caudale del corpo del menisco mediale con direzione medio-laterale (Slatter, Brinker Piermattei and Flo 2006). Il menisco laterale, invece, dotato di più mobilità riesce ad adattarsi meglio ai carichi pressori in condizioni di rottura del LCCr limitando così la possibilità di lesioni. Altre strutture di stabilizzazione passiva sono rappresentate dai legamenti

collaterali, laterale e mediale e dalla capsula articolare. La traslazione mediale e laterale della tibia e la distrazione dell'articolazione, che avverrebbero rispettivamente sull'asse trasversale e longitudinale, sono fortemente contrastate dai legamenti collaterali. Questi tuttavia consentono un certo grado di rotazione, oltre che sull'asse trasversale, anche sugli altri due assi, per cui in un ciclo di passo, in condizioni fisiologiche, si osservano circa 20° di rotazione sia intorno all'asse sagittale, sia intorno a quello longitudinale con movimenti di abduzione-adduzione (varo-valgo) e di rotazione interna-esterna della tibia (Korvick et al. 1994). La stabilità dinamica è garantita, quindi, da un delicato equilibrio tra le componenti passive e quelle muscolari attive; in maniera particolare il CCT è contrastato dal LCCr, dal Mm bicipite femorale, dai muscoli del comparto mediale, che confluiscono nel pes anserinus, e dai muscoli posteriori della coscia (Romeo et al. 2005). Queste strutture agendo in sinergia concorrono all'equilibrio dinamico dell'articolazione del ginocchio.

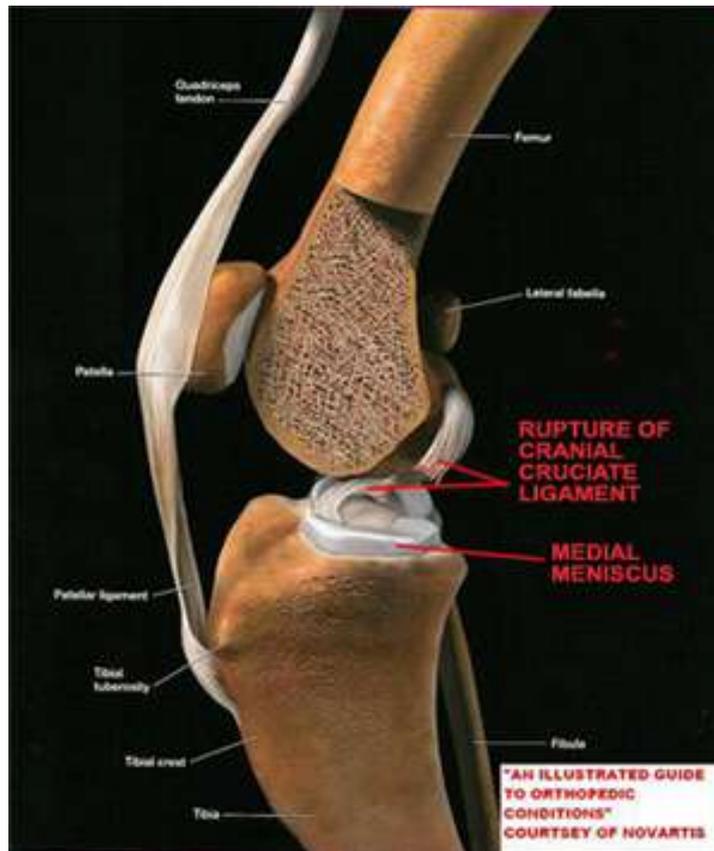


**Figura 2: rappresentazione schematica della biomeccanica del ginocchio sano in flessione e d estensione.modificato da "Advances in The Canine Cranial cruciate Ligament". P.Muir, ed. Wiley-Blackwell, 2010**

## Biomeccanica del ginocchio con rottura del LCCr

Studi di cinematica in vivo hanno dimostrato che in seguito a resezione sperimentale del LCCr erano evidenti notevoli cambiamenti in tutte le fasi del passo (Korvick et al. 1994; Tashman et al. 2004). In questi studi si assisteva ad una costante traslazione in senso craniale della tibia rispetto al femore con una escursione di circa 10 mm. Tashman e colleghi hanno dimostrato che a distanza di due anni in questi soggetti si assisteva ad una riduzione della traslazione craniale della tibia di circa 5 mm. Studi condotti sia su soggetti con danno acuto, che su soggetti con danno indotto sperimentalmente hanno dimostrato che nei primi si assisteva ad un minore grado di sublussazione della tibia rispetto al femore, ciò dovuto, probabilmente, ad un relativo grado di fibrosi che si realizza contestualmente alla progressiva disfunzione del legamento in degenerazione (Hayashi et al. 2004).

In condizioni di rottura del LCCr l'alterata biomeccanica del ginocchio costituisce un importante incipit patogenetico alla progressione della "malattia articolare degenerativa o *Degenerative Joint Disease*" (DJD). Il CTT determina la sublussazione della tibia, a questa condizione fa seguito un alterato carico su zone di cartilagine articolare che non sono competenti a sopportare questa nuova condizione, tutto ciò innesca i meccanismi patogenetici che portano all'osteoartrosi (Andriacchi et al. 2004).

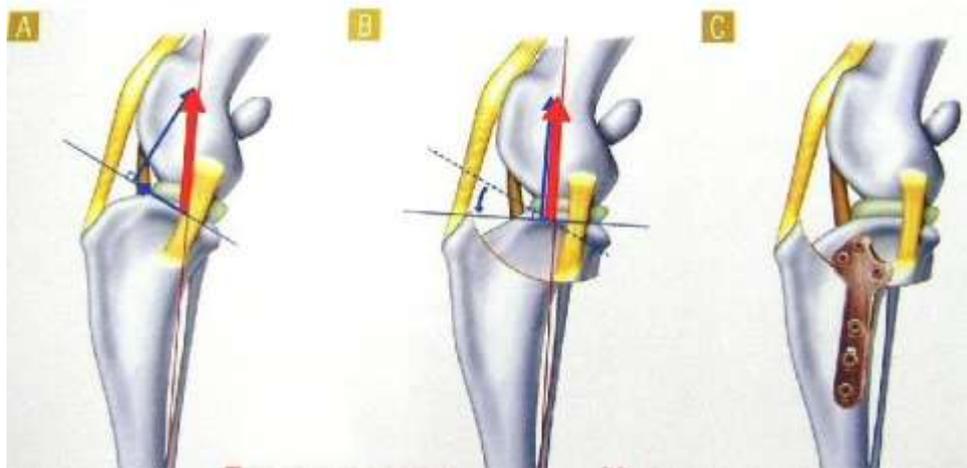


**Figura 3: rappresentazione di una articolazione con rottura del LCCr e Cranial Tibial Thrust.**

# MECCANISMO BIOMECCANICO DELLE OSTEOTOMIE CORRETTIVE

## Osteotomia livellante del plateau tibiale TPLO

Slocum nel 1993 ipotizzò che il CTT, forza generata internamente all'articolazione, fosse responsabile della sublussazione della tibia rispetto al femore. Questa teoria trova spiegazione nel modello biomeccanico dinamico del ginocchio, secondo cui il CTT è generato dalla forza di compressione tra femore e tibia. Tale forza si scarica attraverso l'asse funzionale della tibia ed è dipendente dalla combinazione di compressione femoro-tibiale e dall'angolo di inclinazione del Plateau tibiale (TPA). La compressione assiale attraverso l'articolazione genera una forza che può essere scomposta in due componenti ortogonali una perpendicolare ed una parallela al plateau tibiale, quest'ultima responsabile del CTT. Per tanto il CTT è direttamente proporzionale al TPA. Slocum propose, inoltre, una riduzione del TPA per annullare le forze responsabili del CTT e stabilizzare l'articolazione del ginocchio. La stabilizzazione dinamica ottenuta attraverso l'Osteotomia livellante del plateau tibiale (TPLO) consiste nell'effettuare una osteotomia radiale della tibia prossimale con rotazione del piano articolare in maniera da ridurre il TPA. Inoltre al fine di evitare una eccessiva tensione sul LCCa è stato individuato un angolo minimo di rotazione consistente in un TPA postoperatorio non inferiore a  $6,5^\circ \pm 0,9^\circ$ .



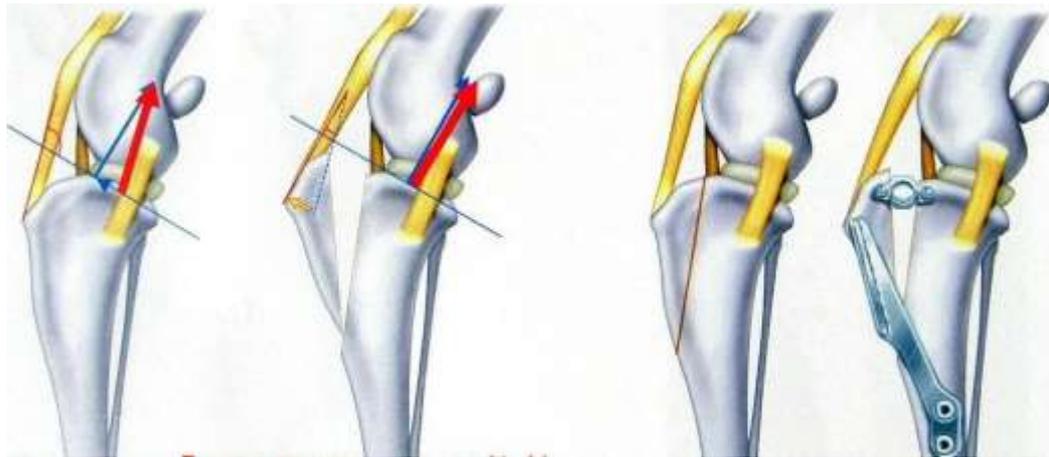
**Figura 4: Tibial Plateau Livelling osteotomy (TPLO). rappresentazione schematica nelle varie fasi.**

### **Avanzamento della tuberosità tibiale TTA**

Nel 2002 Montavon, Damur e Tepic proposero l'avanzamento della cresta tibiale al fine di neutralizzare il CTT responsabile della sublussazione tibiale durante il passo nei soggetti con rottura del LCCr. Lo scopo di questa tecnica è quello di modificare la posizione del tendine tibio-rotuleo rispetto al Plateau tibiale, attraverso l'avanzamento della tuberosità tibiale. La TTA è stata descritta per la prima volta nel 1976 da Maquet con la finalità di diminuire la pressione patello-femorale e ridurre la progressione dell'osteartrosi e la condromalacia della rotula nel ginocchio dell'uomo.

Un ulteriore effetto della TTA sulla biomeccanica del ginocchio consiste nell'evidenza di una forza di compressione tibio-femorale di entità variabile, diretta sia anteriormente che posteriormente a seconda che l'angolo del ginocchio sia in estensione o in flessione, inoltre l'intensità e la direzione di questa forza è determinata dall'angolo del tendine tibio-rotuleo (PTA) rispetto al plateau tibiale.

Il punto di equilibrio tra le forze che spingono la tibia in senso anteriore e posteriore è denominato “crossover point” ed è fissato nel cane a  $\sim 90^\circ$ . Per tanto per annullare il CTT l'avanzamento della tuberosità tibiale deve essere tale da ottenere un PTA  $\leq 90^\circ$ . La tecnica di TTA, proposta da Montavon nel 2002, consiste nel praticare una osteotomia completa della cresta tibiale e la relativa traslazione in senso anteriore in maniera tale da ottenere un PTA  $\leq 90^\circ$  anche con l'articolazione in completa estensione ( $-135^\circ$ ). Dopo aver eseguito la TTA si assiste a carico dell'articolazione del ginocchio non solo ad una diminuzione della pressione patello-femorale, ma anche ad una riduzione della forza di contatto femoro-tibiale con l'articolazione del ginocchio in estensione. Teoricamente questa condizione di ridotta compressione patello-femorale e femoro-tibiale dovrebbe preservare la cartilagine articolare da eventuali danni (Kim et al.,2009). Kim e colleghi nel 2009 hanno suggerito che la TTA sembra ripristinare le condizioni di normalità per quanto riguarda il contatto e la pressione femoro-tibiale esponendo, per tanto, il menisco mediale ad un minor rischio di trauma; inoltre tale tecnica, non modificando la geometria dell'articolazione e lasciando inalterata la distribuzione della pressione, sembrerebbe ritardare quello che è lo sviluppo della DJD. (Kim et al.,2009)

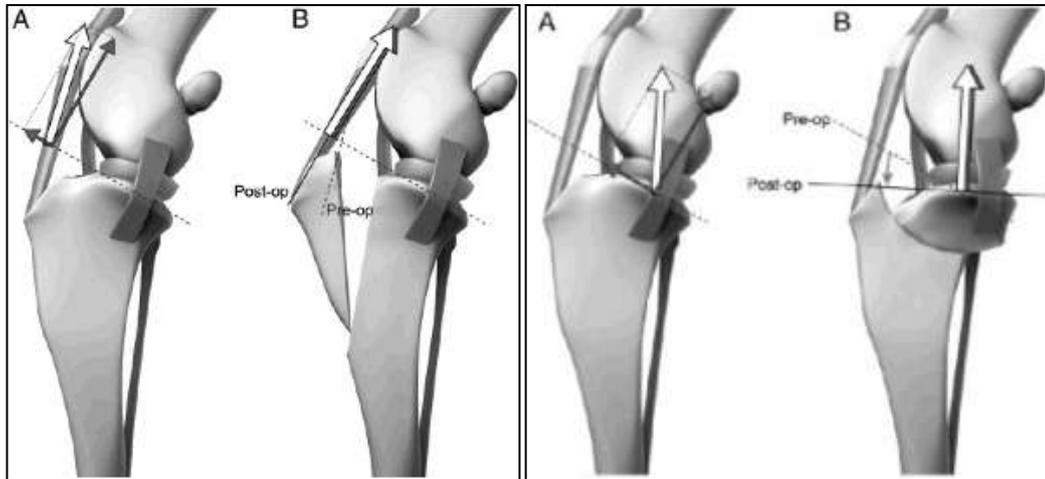


**Figura 5: Tibial Tuberosity Advancement (TTA). Rappresentazione schematica nelle varie fasi.**

### **Differenza tra TPLO e TTA**

La principale differenza tra le due tecniche è da ricercare, essenzialmente, nel modello biomeccanico che spiegando la direzione della forza di compressione tibio-femorale, ne rappresenta in razionale. Il modello biomeccanico alla base della TPLO considera tale forza essere parallela all'asse lungo della tibia, invece, nella TTA questa forza è considerata parallela al tendine tibio-rotuleo. Il razionale alla base delle due tecniche è stato dimostrato in diversi studi cadaverici sperimentali (Muir, 2010). Entrambe le teorie sono valide (Bodrieau, 2009). Nonostante partano da due concetti biomeccanici differenti, i risultati clinici sono sovrapponibili tra TPLO e TTA (Bodrieau, 2009). Una possibile spiegazione risiede proprio nel meccanismo d'azione della TTA. L'osteotomia radiale della parte prossimale della tibia, eseguita nella TPLO, non solo modifica i TPA, ma riorienta il plateau anche rispetto al PTA, creando un nuovo PTA prossimo a 90°. Anche se le due tecniche hanno finalità differenti, nella TPLO, infatti, il TPA è

modificato per far fronte alla forza compressiva, invece nella TTA è l'andamento di queste forze ad essere modificato per far fronte al TPA, il risultato finale si può considerare sovrapponibile con un  $PTA \leq 90^\circ$  (Bodrieau, 2009)



**TTA e TPLO: rappresentazione schematica del sito di osteotomia confronto tra tecniche.**

## **EZIOPATOGENESI DELLA ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE**

Gli eventi che sono alla base della rottura del legamento crociato craniale sono riconducibili ad una lesione di tipo traumatico o degenerativo. Ovviamente queste due categorie di eventi sono correlate tra di loro, in quanto legamenti indeboliti da problemi degenerativi sono più suscettibili a traumi, anche minimi, che normalmente non determinerebbero lesioni in un organo sano.

La causa traumatica più frequente è rappresentata da un'improvvisa rotazione del ginocchio con l'articolazione in flessione da 20 a 50°. In questa posizione i legamenti crociati sono torti l'uno intorno all'altro ed impediscono l'eccessiva intrarotazione della tibia, ma se le forze applicate sono molto intense, sia il legamento craniale che il caudale possono subire un eccessivo stiramento, in particolar modo la BCM del LCCr; inoltre, entrambe i legamenti, sono soggetti all'azione traumatica del condilo mediale femorale che li pressa contro l'eminanza intercondiloidea tibiale.

Una situazione di questo genere si verifica quando l'animale ruota improvvisamente il corpo, facendo leva sull'arto posteriore in appoggio, nella direzione dell'arto caricato (Brinker et al, 2006).

Il legamento crociato craniale può rompersi anche in seguito all'iperestensione del ginocchio, che si può verificare quando la gamba rimane bloccata improvvisamente durante una corsa mentre il resto del corpo è proiettato in avanti (cane che inciampa in una buca). Questa particolare condizione, che genera una improvvisa e brusca spinta in avanti del femore su una tibia che resta vincolata al

suolo, rappresenta un momento di stress massimo per il LCCr che ne costituisce il principale mezzo di limitazione passiva (Arnoczky, 1993)

Anche traumi esterni diretti all'articolazione, in qualunque direzione, possono causare la rottura parziale o totale di uno o entrambi i legamenti crociati; il meccanismo e il grado di tale lesione dipendono dall'intensità e dalla direzione delle forze traumatiche, nonché dalla posizione dell'articolazione quando queste sono state applicate (Arnoczky 1977).

La rottura traumatica acuta del legamento giustifica solo una piccola percentuale dei casi osservati (Paatsama S., 1952).; la maggioranza delle lesioni al LCCr sono il risultato di alterazioni croniche di tipo degenerativo a carico del legamento stesso.

Come nella maggior parte delle malattie ad eziologia multifattoriale, la genetica ricopre un ruolo importante nel determinismo della patologia, poiché da essa sono controllate la conformazione del ginocchio e le proprietà fisiche del legamento .

Numerosi studi hanno indagato sulla predisposizione razziale alla rottura del legamento crociato craniale: Duval JM, Budsberg SC, Fio GL e Sammarco, nel 1999, valutarono un totale di 804 soggetti tra quelli sani e quelli malati, tutti al di sotto dei due anni, individuando nel Mastino Napoletano, Akita, San Bernardo, Rottweiler, Terranova, Labrador Retriever e American Staffordshire terrier le razze più colpite dall'affezione al LCCr e nel Pastore Tedesco e nei meticci quelle meno colpite. In un altro studio epidemiologico è stata riscontrata una maggiore incidenza della patologia in Rottweiler, Terranova e Staffordshire terrier (Whitehaire et al.,1993). Altri autori avevano descritto il Labrador Retriever come la razza più rappresentata (Griffen,1992). Le razze che mostrano un'incidenza maggiore di rottura del legamento crociato craniale sono quelle in cui il ginocchio forma un angolo aperto; con questo tipo di conformazione infatti

le forze si scaricano maggiormente sul comparto anteriore dell'articolazione e quindi anche sul LCCr. Non stupisce quindi che il Pastore tedesco sia tra le razze meno predisposte alla rottura del LCCr poiché in questi soggetti l'angolo formato tra femore e tibia tende ad essere sempre acuto.

È stata segnalata anche una variazione razziale nelle proprietà fisiche del legamento. Uno studio "in vitro" dei legamenti crociati di rottweiler e levrieri da corsa ha messo in evidenza che i legamenti del rottweiler hanno una sezione trasversa significativamente più grande a livello delle loro inserzioni distali; test meccanici hanno però dimostrato che i legamenti del levriero da corsa sono in grado di sopportare carichi maggiori sia in termini assoluti, sia se rapportati alla massa corporea: i legamenti dei rottweiler infatti si sono dimostrati più predisposti alla rottura richiedendo solo metà del carico per unità di massa corporea rispetto a quelli dei levrieri per causarne la rottura (Wingfield et al., 2000).

Indipendentemente dalla razza, conformazioni anomale dell'arto sono responsabili, nel tempo, di malattie articolari e di eccessivi stress a livello del legamento, il che ne determina deterioramento cronico ed eventualmente rottura (Rudy, 1974; Arnoczky et al 1981). Coxa vara e valga, torsione laterale dell'epifisi distale del femore, stenosi congenita della fossa intercondiloidea del femore e altre anomalie muscolo-scheletriche, oltre a provare direttamente un'eccessiva sollecitazione de LCCr, possono essere anche cause predisponenti alla lussazione di rotula. In questa condizione, viene a mancare la stabilizzazione fornita dalla forza retro patellare con conseguente aumento dello stress per le altre strutture che concorrono alla stabilità dell'articolazione.

Anche la displasia d'anca è considerata un fattore predisponente, poiché determina un difetto di appiombamento che genera un aumento di stress a livello dell'articolazione del ginocchio.

Infine, l'eccessiva inclinazione del plateau tibiale, sia anatomica che provocata da alterazioni posturali, aumenta la distensione del legamento crociato e può causarne rottura precoce (Read, 1982; Morris, Lipowitz, 2001). Oltre alla conformazione anatomica, altri fattori predisponenti intervengono nell'eziologia di tale patologia.

Molti studi si sono concentrati sull'influenza che il peso può avere nell'incidenza della malattia. Whitehair nel 1995 e Duval nel 1999, riferiscono che la rottura del legamento crociato è stata riscontrata con maggiore frequenza nei soggetti mediamente più pesanti rispetto alla popolazione di riferimento e in quelli con peso corporeo maggiore di 22 Kg. In questi studi però, non è stato possibile stabilire se tale peso fosse correlato a situazioni di sovrappeso oppure a differenti taglie.

Uno studio su cani di razza cocker affetti da rottura del LCCr ha mostrato come la patologia interessasse animali in media più pesanti rispetto alla popolazione totale di soggetti della stessa razza (Brown, 1996). Come confermato dagli studi di biomeccanica, il sovrappeso rappresenta un fattore di stress aggiuntivo a carico dei legamenti (Whittik, 1990), poiché i muscoli non sono in grado di compensare a pieno la forza eccessiva generata dal carico ponderale che grava sull'articolazione, per cui devono necessariamente intervenire i legamenti crociati, che sono quindi sottoposti a continuo sovraccarico. Per lo stesso motivo, anche in assenza di sovrappeso o obesità, un inadeguato sviluppo muscolare diviene un fattore predisponente alla rottura dei legamenti crociati.

I diametri trasversi del legamento crociato craniale di un cane si riducono con l'età, e ciò è correlato alla perdita di organizzazione del fascio di fibre ed alle modificazioni metaplasiche degli elementi cellulari. Le fibrille di collagene vanno incontro a ialinizzazione con conseguente riduzione della resistenza alla tensione

del legamento che diventa, così, più sensibile anche a sollecitazioni minime (Vasseur, 1985). Ciò è compatibile con il lavoro pubblicato da Whitehaire, in cui è stato evidenziato un picco d'incidenza di rottura del legamento crociato craniale in soggetti tra i 7 ed i 10 anni di età. Le alterazioni degenerative legate alla senescenza giustificano anche il fatto che nel 20-40% dei cani con rottura unilaterale si verifica la rottura del LCCr dell'arto contro laterale in media nell'arco di un anno e mezzo. Le modificazioni, istologiche e biomeccaniche, sono più pronunciate e si verificano in età precoce nei cani di grande mole, e ciò forse aiuta a spiegare la maggiore incidenza di rottura precoce del legamento in determinate razze (Slatter, 1985). Il deterioramento del legamento è più marcato nella sua parte più centrale, probabilmente perché l'apporto di sangue in questa zona è piuttosto scarso. A tale riguardo già Paatsama aveva evidenziato una maggiore percentuale di rottura del LCCr nella sua porzione centrale, che si torce sul LCCa durante il movimento dell'articolazione e che rappresenta un locus minoris resistentiae.

Numerosi studi clinici hanno segnalato una più elevata incidenza di rottura nelle femmine rispetto ai maschi, in particolare le femmine sterilizzate sono sembrate essere più predisposte di quelle intere. Per dimostrare la correlazione esistente tra iperstrogenismo e diminuzione della stabilità articolare è stato svolto uno studio sperimentale su cavie. L'ovariectomia nelle cavie ha causato la diminuzione del contenuto di elastina e la riduzione del diametro delle fibre presenti a livello della superficie capsulare esterna dell'articolazione dell'anca, con conseguente indebolimento della stessa (Shikata, 1979). Nei cani non è ancora ben chiaro se l'ipoestrogenismo cronico possa avere un ruolo importante sul metabolismo e sulla biomeccanica del LCCr (Whitehair, 1993).

Indipendentemente dalla causa, l'instabilità articolare che si crea nell'articolazione del ginocchio dopo la rottura del LCCr determina, durante la fase di appoggio dell'arto, un'anormale distribuzione del carico ponderale sulla cartilagine articolare, danneggiandola. La cartilagine danneggiata espone le fibrille di collagene, la matrice extracellulare e gli enzimi intracellulari, sostanze che normalmente non entrano in contatto diretto l'ambiente articolare, e che determinano quindi la stimolazione del sistema immunitario come sostanze estranee, con formazione di autoanticorpi. Questi si legano ai corrispondenti antigeni, formando immunocomplessi che si accumulano in cavità articolare; si crea un circolo vizioso che è responsabile dell'artropatia degenerativa progressiva (DJD) che si instaura nel ginocchio a seguito della rottura del LCCr.

Uno studio che analizzava cani con segni clinici di rottura del LCCr comparsi da meno di 2 settimane, ha evidenziato che nel 50 per cento dei casi erano presenti segni degenerativi a carico dell'articolazione colpita. Tenendo presente che in uno studio condotto da Paatsama nel 1972 fu dimostrato sperimentalmente che i primi segni degenerativi valutabili radiograficamente dopo rottura del LCCr si rendono visibili solo dopo 3-4 settimane dalla dissezione del legamento, è facilmente intuibile che la patologia degenerativa nei cani visitati entro 2 settimane dalla rottura era presente prima della comparsa della sintomatologia. Se invece i cani vengono presentati alla visita clinica dopo alcune settimane dall'esordio della sintomatologia, è molto difficile stabilire se l'artrosi presente nel ginocchio rappresenti la causa o la conseguenza della rottura del LCCr.

Il fatto che possa essere presente artrosi prima della rottura legamentosa apre le porte agli studi che individuano in un'alterata risposta immunitaria l'eziologia della rottura del legamento crociato craniale.

Niebauer e Menzel (1982) hanno dimostrato significative concentrazioni di immunocomplessi nel 79% dei sieri e nel 69% dei liquidi sinoviali prelevati da cani con rottura del LCCr; tuttavia, questo studio non chiarisce se tali immunocomplessi siano la causa o il risultato della rottura. Più recentemente, in uno studio condotto sul liquido sinoviale di cani affetti da rottura del LCCr, i risultati ottenuti non hanno sostenuto la teoria che gli anticorpi anticollagene svolgono un ruolo importante come promotori della degenerazione del LCCr, ma questi piuttosto avrebbero un ruolo attivo nel perpetuare il processo infiammatorio a livello articolare (Niebauer, 1987).

Sebbene altri studi confermino un coinvolgimento del sistema immunitario (Galloway,1995), la risposta non è specifica ed è improbabile che giochi un ruolo nella rottura del legamento crociato craniale (de Rooster, 2000).

# DIAGNOSI DI ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE

## Segnalamento e anamnesi

Il segnalamento e la raccolta di dati anamnestici sono il punto di partenza dell'esame obiettivo particolare dell'apparato locomotore e sono fondamentali per la formulazione della diagnosi. La rottura del legamento crociato craniale può interessare soggetti di ogni razza ed età e di entrambi i sessi, ciononostante esistono delle categorie di pazienti in cui la patologia si manifesta con maggiore frequenza. In letteratura sono presenti diversi studi che confermano una maggiore incidenza di tale affezione in razze come: Rottweiler, Terranova, Staffordshire terrier, Bull Mastiff, Chow Chow (Schulz, 2008); Mastino Napoletano, Akita, San Bernardo, Chesapeake BayRetrivier (Vassuer, 2001). Alcuni autori descrivono il Labrador Retriever come la razza più predisposta (Griffin, 1992). Per quanto riguarda il sesso, una frequenza maggiore è stata riscontrata nelle femmine, soprattutto se sterilizzate (Vasseur, 2008).

Il più delle volte la rottura traumatica acuta si verifica in cani di età inferiore ai 4 anni (Bennet et al, 1988) mentre le lesioni croniche tendono a manifestarsi in soggetti appartenenti ad una fascia di età superiore (Vasseur, 2008). È stato evidenziato un picco d'incidenza di rottura del legamento crociato craniale in soggetti tra i 7 ed i 10 anni di età (Whitehair, 1995). Anche l'attitudine dei pazienti rappresenta un dato da tenere in considerazione. Animali da lavoro, generalmente, presentano masse muscolari più sviluppate rispetto a cani da compagnia. Ciononostante, durante lo svolgimento delle loro attività,

sottopongono l'articolazione a sollecitazioni maggiori e possono trovarsi a camminare o correre su terreni accidentati (cani da caccia), aumentando le probabilità di lesioni legamentose e più generalmente ortopediche. Più che per un ausilio diagnostico, la conoscenza dell'attitudine del cane è importante per stabilire il percorso terapeutico e la prognosi, poiché alterazioni della funzionalità anche minime, che non pregiudicano la qualità della vita di un animale da compagnia, possono divenire invalidanti per soggetti adibiti ad attività lavorativa e agonistica. Per quanto riguarda l'anamnesi, è importante raccogliere il maggior numero di informazioni possibile. Particolare importanza va data alla modalità e circostanze di insorgenza della malattia, persistenza ed evoluzione della zoppia, terapie effettuate ed eventuali riscontri ottenuti.

In base alle informazioni acquisite è possibile classificare il paziente affetto da lesione al LCCr in tre differenti categorie:

- paziente con rottura recente del legamento;
- paziente con rottura inveterata del legamento;
- paziente con rottura parziale del legamento.

I cani con lacerazione acuta, spesso, sono condotti a visita per una zoppia ad insorgenza improvvisa con zoppia di III / IV grado. All'anamnesi talvolta è possibile individuare il momento esatto d'insorgenza e le circostanze in cui si è verificato il trauma. Se il paziente non è visitato immediatamente dopo l'inizio della sintomatologia, i proprietari spesso riferiscono un miglioramento significativo della zoppia, in un periodo di tempo che va dalle 3 alle 6 settimane, anche in assenza di trattamento, soprattutto in pazienti con peso inferiore ai 10 kg. (Schulz 2008). I pazienti con rottura su base degenerativa presentano un'anamnesi di zoppia spesso intermittente e aggravata dall'attività fisica. Tale zoppia cronica

è sempre associata allo sviluppo di artropatia degenerativa secondaria (DJD). In caso di artrosi, infatti, il dolore è più intenso dopo un periodo di immobilizzazione dell'articolazione prolungato, e si attenua dopo alcuni minuti di movimento, per poi aggravarsi nuovamente in caso di esercizio intenso e duraturo. Nella maggior parte dei casi i proprietari non sono in grado di riconoscere alcun evento traumatico precedente alla zoppia, che anzi si manifesta per la prima volta durante lo svolgimento di normali attività quotidiane.

L'anamnesi nei casi di lacerazione parziale del legamento crociato craniale è piuttosto simile a quella che si ottiene in corso di lacerazione inveterata, soprattutto nelle prime fasi della patologia, poiché viene riportata una lieve zoppia con appoggio dell'arto, associata all'esercizio. Con il progredire della lacerazione e dell'incremento dell'instabilità articolare, le alterazioni degenerative peggiorano, per cui la zoppia diventa più evidente e non si attenua con il semplice riposo. Proprietari particolarmente attenti possono notare una zoppia bilaterale con rigidità degli arti posteriori. Tali pazienti generalmente presentano alterazioni di tipo degenerativo (DJD) pur presentando un'articolazione ancora stabile. Una situazione di questo tipo è compatibile con una rottura parziale del LCCr (Muir 2010).

## **Esame Clinico**

L'approccio clinico al paziente ortopedico consiste in un algoritmo abbastanza standardizzato che prevede lo studio del soggetto in diverse fasi.

L'ispezione del paziente, in stazione e durante la deambulazione. L'osservazione del soggetto in stazione permette di valutarne, tra l'altro: la conformazione fisica e lo stato di nutrizione; la presenza di atrofia muscolare, evidente in soggetti a

pelo corto e con patologia monolaterale; l'allineamento delle articolazioni e la presenza di tumefazioni localizzate; la seduta (sit test). Il cane sano si siede in maniera simmetrica flettendo completamente il ginocchio in modo che il calcaneo venga a contatto con la tuberosità ischiatica e la faccia plantare della regione tarso metatarsica con il suolo; il paziente con patologia del crociato, cerca una posizione antalgica non flettendo completamente il ginocchio e tenendo l'altro esteso fuori di sé. (Bojrab et al 2001). L'eccessiva rotazione interna della tibia dopo rottura del LCCr si esprime clinicamente con l'intrarotazione del piede, resa evidente in corrispondenza della tuberosità calcaneare che è fuori dalla linea di appiombamento. La valutazione del soggetto al passo e al trotto permette di evidenziare alterazioni nella cinematica del passo. Al momento dell'appoggio dell'arto al suolo, nel ginocchio con un legamento crociato craniale insufficiente si verifica una sublussazione craniale della tibia; all'inizio della fase di oscillazione, quando l'arto viene sollevato, si ripristina l'allineamento craniale-caudale dei due segmenti ossei consentendo all'articolazione di ritornare posizione fisiologica. La flessione non raggiunge la sua ampiezza massima poiché è limitata dal dolore (Korvick DL et al, 1994; Vilensky et al 1994).

All'esame ispettivo segue la palpazione. È preferibile iniziare l'esame con l'animale in stazione quadrupedale sul pavimento poiché i pazienti generalmente appaiono meno stressati quando sono nella loro posizione naturale rispetto a quando sono portati sul tavolo da visita; questa posizione facilita inoltre il confronto con l'arto controlaterale.

In soggetti con sintomatologia acuta è possibile rilevare ectasia sinoviale riferibile ad incremento del liquido sinoviale o ad emartro; il versamento articolare è apprezzabile soprattutto in prossimità del tendine rotuleo, dove si osserva, sulla faccia mediale, la positivizzazione dello sfondato articolare. Effusioni di lieve

entità sono difficilmente apprezzabili all'esame clinico, mentre l'esame ecografico è più sensibile per tale rilevazione. Nelle forme inveterate, a causa dell'instabilità articolare cronica, si rileva un certo grado di fibrosi dei tessuti molli periarticolari; tale tumefazione è facilmente palpabile sulla faccia mediale dell'articolazione del ginocchio. In queste forme non recenti si riscontra una progressiva atrofia muscolare di tipo funzionale che si apprezza più facilmente in corso di lesioni monolaterali. L'esame del soggetto in decubito laterale consiste nell'effettuare test clinici che permettono di confermare il sospetto diagnostico di rottura del legamento crociato craniale. I test che si eseguono sono il test del cassetto diretto ed indiretto.

Il test del cassetto diretto consente di valutare la stabilità antero-posteriore della tibia rispetto al femore. Con il paziente in decubito laterale sull'arto sano, si afferra l'epifisi distale del femore con la mano destra, mentre con la sinistra si afferra l'epifisi prossimale della tibia. Con le mani in tale posizione, il femore resta immobile mentre sulla tibia viene esercitata una forza in direzione cranio-caudale nel tentativo di provocare una traslazione lungo questo asse. La tibia viene mantenuta in una posizione neutrale non deve ruotare internamente, in quanto l'intrarotazione potrebbe falsare il test ed essere confusa con il movimento del cassetto craniale. La positività del test corrisponde ad una escursione superiore a 0-2 mm, che equivale alla dislocazione craniale ottenibile in una normale articolazione, spesso accompagnata da dolore. Alcuni autori considerano il test positivo quando l'escursione raggiunge 0,5-1cm, perciò se l'entità del movimento risulta dubbia, è utile eseguire il test sull'arto controlaterale per confronto. Per valutare l'integrità di ciascuna delle due bande del LCCr la manovra deve essere ripetuta con il ginocchio in completa estensione ( $135^{\circ}$ ), in posizione verticale neutra ( $140^{\circ}$  di flessione) ed in completa flessione ( $45^{\circ}$ ). La lacerazione della sola

BCL instabilità poiché la BCM intatta è tesa sia nella flessione che in estensione, mentre in corso di lesione isolata della BCM il test risulterà negativo in estensione, in quanto la BCM in questa posizione è tesa, e positivo in flessione, poiché suddetta banda è rilassata in questa fase. Risultati falsi negativi si possono ottenere a causa della contrazione muscolare di cani di grossa taglia, soprattutto se particolarmente apprensivi; in questi pazienti è opportuno ripetere l'esame con il paziente in sedazione. Anche in corso di lesioni inveterate si può ottenere un risultato falsato, in quanto, è già presente un certo grado di fibrosi capsulare che conferisce stabilità all'articolazione. Il test mostra inoltre una forte limitazione nel soggetto giovane in cui la fisiologica lassità legamentosa consente una traslazione anche di 4-5mm, "cassetto giovanile" in presenza di legamenti intatti; in questi pazienti la rottura del legamento si conferma solo se durante la manovra è possibile avvertire un brusco arresto del movimento in senso craniale. Altri falsi positivi si ottengono sovente in concomitanza di patologie dolorose all'anca o al tarso e nel corso di patologie ormonali, come il diabete e la sindrome di Cushing, che determinano instabilità articolare diffusa (Brinker, Piermattei & Flo 2006).

Un'altra manovra utilizzata per valutare la rottura del legamento crociato craniale è il test della compressione tibiale o tibial thrust, descritto per la prima volta nel 1978 da Henderson e Milton. La sua esecuzione prevede che una mano venga posta in prossimità dell'epifisi distale femorale con il pollice e medio che afferrano rispettivamente i condili femorali laterale e mediale, l'indice appoggiato sul legamento femoro-tibio-rotuleo e le altre tre dita che avvolgono l'epifisi stabilizzandola, mentre con l'altra mano si provoca la flessione dell'articolazione tibio-tarsica, agendo sulla regione del metatarso. Con la flessione si ottiene una tensione sui gemelli della gamba e sul tendine di Achille, per cui la tibia è forzata alla traslazione craniale. In caso di rottura del legamento crociato craniale,

mancando la stabilizzazione che esso forniva, si verificherà la traslazione craniale della tibia (cassetto indiretto) che sarà avvertita dal dito posto sul legamento femoro-tibio-rotuleo.

Il tibial thrust, a differenza del test del cassetto craniale, mima ciò che accade durante la deambulazione, quando l'arto viene poggiato al suolo e la forza che si genera dal carico ponderale determina la spinta della tibia sul femore e la sua traslazione in assenza dei giusti mezzi di contenzione.

Durante l'esame in decubito è possibile valutare anche l'ampiezza dell'escursione articolare. Per fare ciò è sufficiente eseguire delle manovre di flesso-estensione e misurare con un goniometro gli angoli articolari. Nei pazienti affetti da rottura del legamento crociato craniale, sia recente che inveterata, si avrà riduzione del ROM. In caso di patologia acuta la riduzione dell'escursione degli angoli articolari è causata dal dolore derivante dall'infiammazione dell'articolazione, nella patologia cronica tale reperto è ascrivibile all'artrosi secondaria e alle proliferazioni osteofitiche, che limitano i movimenti dell'articolazione. Durante lo svolgimento delle manovre di flesso-estensione è possibile udire, o apprezzare al tatto, il cosiddetto "click meniscale", un rumore di scatto determinato dai condili femorali che si muovono al di sopra di un frammento di menisco. L'assenza di questo segno clinico non è indicativa dell'integrità dell'organo, poiché esso è presente in una bassa percentuale di soggetti con lesioni al menisco

# DIAGNOSTICA PER IMMAGINI

## Esame Radiografico

Ancora oggi l'esame radiografico rappresenta l'esame di primo di livello per la diagnosi della rottura del legamento crociato craniale, eventualmente coadiuvata da esami di secondo e terzo livello. Lo studio radiografico, con il soggetto in sedazione profonda e/o narcosi, viene eseguito con tecnica diretta, senza l'uso della griglia antidiffusione, può essere utile lo studio dell'arto controlaterale per valutare lievi alterazioni sull'arto interessato. Il protocollo radiografico prevede due proiezioni ortogonali, Medio-Laterale (ML) e Caudo-Craniale (Ca-Cr) o Cranio-Caudale (Cr-Ca). La proiezione ML standard o neutra si ottiene posizionando il paziente in decubito laterale sul lato interessato e, con ginocchio in posizione neutra (con angolo di flessione di circa  $135^\circ$ ). La proiezione ML in stress si esegue, sempre con il paziente in decubito laterale, ma mantenendo l'articolazione femoro-tibio-rotulea a  $90^\circ$ , esercitando il test di compressione tibiale. All'esame RX si possono osservare, come segni diagnostici della rottura del LCCr, lo slittamento craniale dell'epifisi prossimale della tibia rispetto a quella distale femorale. Nelle fasi acute, oltre alla dislocazione tibiale si può osservare la distensione della capsula articolare con obliterazione parziale o totale del cuscinetto adiposo retro patellare del recesso caudale del ginocchio. In seguito all'instabilità articolare cronica, secondaria a rottura del LCCr, sono evidenti i segni radiografici dell'artropatia degenerativa rappresentati da entesiofiti ed osteofiti. Osteofiti ed entesiofiti iniziano a formarsi già dal terzo giorno successivo all'istaurarsi della patologia ma sono visibili radiograficamente a distanza di tre settimane, poiché sufficientemente mineralizzati (Widmer et al.,

1994). L'osteofitosi periarticolare compare inizialmente in corrispondenza dei recessi prossimali e sull'apice distale della rotula, poi sui profili delle fabelle e dei condili femorali e tibiali. (Crovace et al., 2005). Gli entesofiti si possono osservare prevalentemente lungo il margine medio prossimale e la parte craniale della tibia (Widmer et al., 1994).

## **Esame ecografico**

L'esame ecografico è stato proposto come complemento all'esame radiografico convenzionale per lo studio del ginocchio, in particolare dei tessuti molli e delle cartilagini articolari superficiali. (Gnudi et al., 2001).

L'ecografia presenta diversi vantaggi rispetto ad altre indagini: è relativamente poco costosa e non invasiva. Inoltre, se il paziente è collaborativo, non è necessario il contenimento farmacologico. A ciò si aggiungano, come ulteriori vantaggi, la ripetibilità e la visualizzazione in tempo reale, che consente la realizzazione di studi dinamici tramite movimenti di flessione-estensione dell'articolazione (Brunetti et al., 2005). Tuttavia, l'esame ecografico presenta anche dei limiti: è una tecnica operatore-dipendente, può essere inficiata da numerosi artefatti generati dalle superfici iper-riflettenti dei tessuti duri articolari; La tecnica per l'esame ecografico dell'articolazione del ginocchio prevede l'impiego di sonde lineari ad alta frequenza (> 7 MHz), perché consentono di visualizzare meglio le strutture superficiali, producendo immagini con minori artefatti, più chiare e meno distorte. L'ecografia consente una buona visualizzazione delle strutture articolari superficiali. Per cercare di visualizzare il LCCr, si deve flettere al massimo il ginocchio (Kramer et al., 1999). La sonda viene posizionata parallelamente e lateralmente al legamento patellare e, quindi,

ruotata di circa 20° in senso prossimo-laterale. Il legamento crociato craniale è stato descritto come una banda a struttura fibrillare ipoecogena (Kramer et al., 1999; Reed et al., 1995; Gnudi e Bertoni, 2001). Non sempre è possibile ottenere la visualizzazione del LCCr a causa dei frequenti artefatti da riverbero. L'esame ecografico risulta molto sensibile nell'evidenziare ectasie anche minime dei recessi articolari e ispessimenti della sinovia.

## **Risonanza magnetica**

In Medicina Veterinaria, la Risonanza Magnetica (MR), non ha ancora trovato grande successo a causa dei notevoli costi.

Vengono direttamente visualizzate la cartilagine, il liquido sinoviale, la capsula e i legamenti. Anche la spongiosa dell'osso subcondrale può essere indirettamente valutata grazie alla ricchezza d'acqua del tessuto adiposo del midollo giallo contenuto nelle celle dell'osso. Nel cane, studi sperimentali eseguiti con sequenze Spin-Echo pesate in T1 e T2 o, anche, con altre sequenze (Densità Protonica, Gradient-Echo, STIR) hanno dimostrato l'elevata sensibilità e specificità della RM nella valutazione delle lesioni osteocondrali e legamentose (Crovace A., Di Bello A., Meomartino L., 2005).

Vanno poi considerati gli importanti vantaggi della RM rappresentati dalla non invasività, dalla mancata esposizione del paziente a radiazioni ionizzanti e dal fatto di poter ottenere immagini tomografiche di qualità elevata, orientate secondo piani selezionabili a scelta dell'operatore, senza dover modificare la posizione del paziente. Il protocollo per l'indagine di Risonanza Magnetica dell'articolazione del ginocchio prevede che il paziente, in anestesia generale, sia posto in decubito dorsale (Banfield et al., 2000), con l'arto interessato all'interno di una bobina.

Normalmente, le immagini vengono acquisite in tre piani: sagittale, frontale e trasverso (assiale).

Con la RM è possibile individuare anche le più lievi alterazioni della cartilagine articolare e di quella meniscale, sebbene lo spessore delle fette sia fondamentale per una buona risoluzione dell'immagine.

Il LCCr è difficile da evidenziare in una singola immagine, a causa del suo andamento obliquo nell'articolazione; tuttavia, con immagini sequenziali e tecniche di ricostruzione obliqua è possibile osservarlo nella sua interezza. Il suo aspetto normale è quello di una banda grigio- scura nell'ambito di strutture articolari più intense. Le lacerazioni dei legamenti si evidenziano in RM come segnali anormalmente intensi, che interrompono il percorso del legamento stesso (Widmer W.R. et al., 1994). Oltre alla Risonanza Magnetica convenzionale, la Letteratura Veterinaria riporta anche la possibilità dell'artrografia in Risonanza mediante uso di gadolinio (Banfield et al., 2000).

## **Tomografia Computerizzata**

La Tomografia Computerizzata (TC), sebbene utilizzi per la formazione delle immagini lo stesso mezzo fisico, i raggi X, rispetto alla Radiografia consente una migliore visualizzazione delle strutture anatomiche del ginocchio grazie alla visualizzazione tomografica, che riduce il problema della sovrapposizione, e alla migliore risoluzione di contrasto, che permette di distinguere tra loro strutture con lievi differenti di densità. Gli svantaggi dell'esame TC rispetto all'esame RX sono rappresentati dai maggiori costi.

Rispetto alla Risonanza Magnetica, la TC presenta dei vantaggi quali, la maggiore disponibilità delle apparecchiature sul territorio, inoltre, e non meno importante, è

la minore durata dell'esame e la minore incidenza di artefatti; d'altra parte presenta degli svantaggi quali l'impiego di radiazioni ionizzanti e la minore risoluzione di contrasto fra i tessuti molli articolari e le strutture cartilaginee.

Lo studio TC si esegue in anestesia generale o anche solo in sedazione profonda, se si dispone di apparecchi di tipo spirale multislice, ma per quanto riguarda l'esecuzione dell'esame non esistono al momento protocolli universalmente accettati.

Il paziente può essere posto in decubito dorsale o sternale (Samii et al., 2004), con gli arti pelvici iperestesi caudalmente verso il gantry che viene inclinato in modo che le sezioni tomografiche siano condotte lungo piani di scansione paralleli al plateau tibiale.

## **Artroscopia**

L'artroscopia è una tecnica mini invasiva con finalità sia diagnostiche che terapeutiche. È una tecnica molto sensibile, ma richiede attrezzature e formazione altamente specialistiche per identificare correttamente una patologia intra-articolare. Oltre ad essere un valido ausilio diagnostico, può essere utilizzata anche come accesso per il trattamento di lesioni meniscali ed il debridement del LCCr rotto. Queste procedure effettuate in artroscopia hanno dato risultati incoraggianti, tuttavia, una curva di apprendimento notevolmente lunga, dei costi notevoli delle attrezzature, tenendo anche conto che i risultati ottenuti mediante artrotomia sono sovrapponibili, ne ha limitato l'impiego su larga scala. (Johnson e Hulse 2002) .

# **AVANZAMENTO DELLA TUBEROSITA' TIBIALE (TTA), DESCRIZIONE DELLE TECNICHE.**

## **TTA Tecnica Classica**

L'avanzamento della tuberosità tibiale (TTA) fu proposto da Maquet nel 1976 per diminuire la pressione patello-femorale e ridurre la progressione dell'osteartrosi e la condromalacia della rotula nel ginocchio dell'uomo. Nel 2002 Montavon, Damur e Tepic proposero la TTA, nel cane, al fine di neutralizzare il CTT, responsabile della sublussazione tibiale durante il passo, nei soggetti con rottura del LCCr. La tecnica proposta nel cane prevede la completa osteotomia della cresta tibiale sul piano frontale e l'avanzamento del frammento così ottenuto per portare il legamento tibio-rotuleo in una posizione di circa 90° con il plateau tibiale (Lafaver et al,2007). Con la "tecnica della tangente" (Lafaver et al,2007), su una radiografia in proiezione ML con il ginocchio in posizione fisiologica (-135°), viene determinata la grandezza del cage (distanziatore) ed il conseguente grado di avanzamento della cresta tibiale. Con il paziente in decubito dorso-laterale, con l'arto affetto a contatto con il tavolo si esegue un accesso mediale alla cresta tibiale e si ottiene l'esposizione di questa attraverso il ribaltamento del ventre caudale del Mm. Sartorio e del periostio. L'osteotomia viene eseguita prendendo come riferimento, prossimalmente, il Tuber Gerdy's e, distalmente, la porzione terminale della cresta dove essa confluisce nella diafisi tibiale (Lafaver et al, 2007). L'avanzamento della cresta è ottenuto mediante l'impiego di un apposito cage in titanio che, fissato con delle viti sia alla cresta tibiale osteotomizzata che alla restante diafisi tibiale, nel suo terzo prossimale, funge da

distanziatore. La stabilità a questo impianto è fornita da una placca dedicata che, comportandosi da banda di tensione, fissa la cresta alla diafisi tibiale (fig.6) (Lafaver et al.,2007).

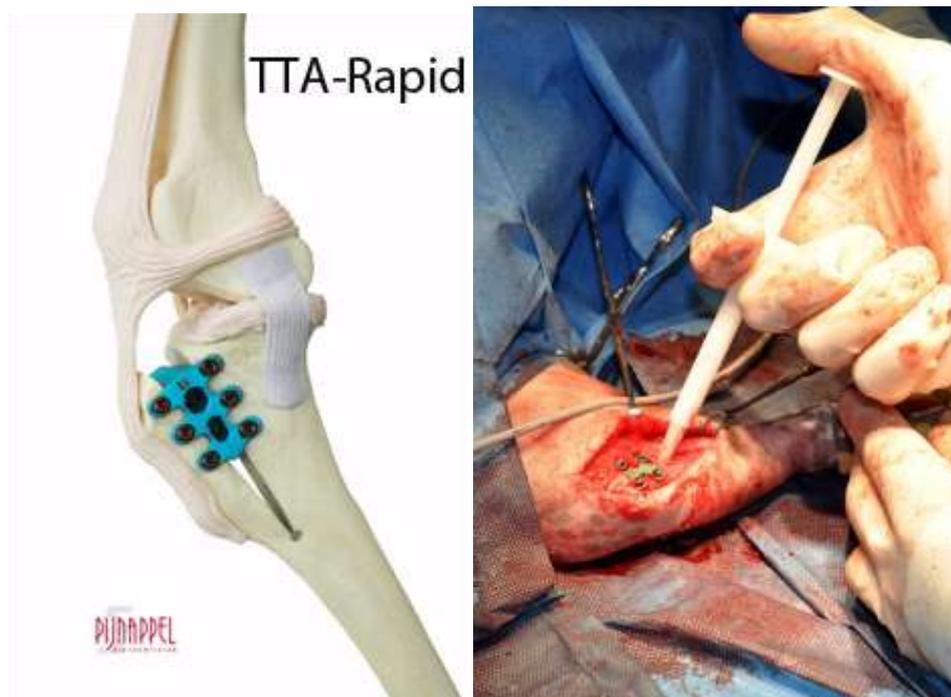


**Figura 6 TTA: Tecnica classica con impiego di placca e cage**

## **TTA con Tecnica di Maquet modificata MMT**

La tecnica di Maquet modificata utilizza gli stessi principi biomeccanici della TTA classica per ottenere la stabilizzazione del ginocchio nei cani affetti da rottura del LCCr. Con questa tecnica l'avanzamento della cresta tibiale è ottenuto in maniera simile alla TTA, quello che differisce è il sistema di fissazione della cresta. L'apposita placca descritta da Montavon e colleghi nel 2002, non è impiegata, infatti, con questa metodica. La tecnica originaria, descritta da Maquet nell'uomo, prevedeva la non completa osteotomia della cresta tibiale lasciando intatta la porzione terminale della cresta. Etcheparebord e colleghi, nel 2011 hanno proposto una modifica della tecnica di Maquet, per ottenere l'avanzamento della cresta tibiale in cani con rottura del legamento crociato craniale, basandosi sul concetto di "biological repair" (Palmer, 1999). Il concetto di "biological repair" prevede il massimo rispetto per l'integrità dei tessuti molli e della vascolarizzazione ed il minimo impiego di impianti di fissazione per la guarigione delle fratture (Palmer, 1999). Con il paziente posto in decubito dorso laterale e l'arto affetto posto a contatto con il tavolo, si effettua l'accesso chirurgico all'aspetto mediale della cresta tibiale. I tessuti sottocutanei non vengono dissezionati. Una unica incisione attraverso questi consente l'esposizione del periostio. L'incisione viene effettuata 1 cm caudalmente al bordo craniale della cresta tibiale ed estesa 2 cm oltre la porzione distale della cresta. Il periostio viene scollato per circa 2 mm in maniera da ottenere un alloggiamento per la sega oscillante. Nella porzione terminale della cresta tibiale, posteriormente alla corticale craniale, viene eseguito un foro "foro di Maquet", la posizione del foro

varia in base alla taglia del soggetto ed è predeterminata da misurazioni eseguite su una radiografia del ginocchio in proiezione ML con arto esteso a 135°. L'osteotomia perpendicolare al piano sagittale della tibia è eseguita prendendo come reperi anatomici, prossimalmente, il tuber Gerdy e, distalmente, il "foro di Maquet". L'avanzamento della cresta tibiale è ottenuto utilizzando un apposito distanziatore della misura del cage in titanio scelto (Fig.7). Il cage viene inserito nel gap dell'osteotomia e fissato con due viti da corticale. In alcuni casi, Etcheparebord e colleghi, riportano che, a discrezione del chirurgo, era utilizzato un cerchiaggio ad otto, che agendo da banda di tensione garantiva maggiore stabilità all'impianto (Etcheparebord, 2011).



**Figura7: MMT: tecnica modificata con l'inserimento del solo cage ed impiego di Hydrossiapatite come osteoinduttore**

## Modified Maquet Procedure MMP

Questa tecnica rappresenta una evoluzione della MMT, il cage applicato come distanziatore è sostituito dall' OrthoFoam™ MMP wedge, cuneo in schiuma di titanio appositamente realizzato. L'esecuzione della tecnica è sovrapponibile alla precedente per quanto riguarda l'approccio chirurgico. L'arto preparato per la chirurgia è coperto con teli sterili che consentono l'esposizione della faccia mediale del ginocchio fino all'articolazione del tarso. L'accesso chirurgico all'aspetto cranio mediale della cresta tibiale è ottenuto mediante un'incisione cutanea con andamento prossimo distale. I tessuti sottocutanei non vengono dissezionati, la sola incisione attraverso questi consente l'esposizione del periostio. Un'incisione parapatellare mediale di 2 cm di lunghezza a 5mm di distanza dal tendine tibio-rotuleo, consente di inserire l'apposita guida MMP Saw Guide ® per la sega oscillante. Il pin prossimale della guida viene inserito in maniera da essere ancorato al punto di inserzione del legamento tibio-rotuleo. Il pin distale, posto a contatto con la porzione terminale della cresta tibiale, consente di posizionare in maniera adeguata la MMP Saw Guide ®. Con una punta da  $\varnothing$  3,5mm viene effettuato il "foro di Maquet" e lasciando la punta in situ si fissa contestualmente la MMP Saw Guide ® all'osso (Fig. 8) . Il periostio viene inciso, attraverso la MMP Saw Guide ®, con il bisturi in maniera da creare un alloggiamento per la sega oscillante. Con l'utilizzo di una sega oscillante si realizza l'osteotomia della cresta tibiale. Rimossa la guida il taglio viene completato fino al "Foro di Maquet". Posizionando una pinza da riduzione sul terzo prossimale della cresta si agevolava l'inserimento dei trial wedges. I trial wedges rispettivamente da 6; 9; 10,5; 12; 13,5 e 15mm vengono inseriti in maniera progressiva ed ordine crescente (Fig. 9) fino al wedge corrispondente alla

misura definitiva. L' OrthoFoam™ MMP wedge viene inserito con un apposito applicatore, posizionato ad una distanza di 1-2mm dal “foro di Maquet” ed allineato con la corticale mediale della cresta osteotomizzata. Un'apposita Butterfly drill guide consente l'inserimento di un chiodo di kirshner da  $\varnothing$  1,6mm che attraversando la cresta fissa l' OrthoFoam™ MMP wedge alla diafisi tibiale (Fig. 10). Successivamente viene applicata una banda di tensione con un filo da cerchiaggio da  $\varnothing$  1 mm di diametro (Fig. 11). I tessuti molli erano ricostruiti con una sutura continua semplice in materiale riassorbibile Ethicon®, PDS II USP 3-0, la cute era ricostruita con una sutura a punti nodosi staccati in materiale non riassorbibile Ethicon®, Ethilon USP 3-0.



**Figura 8 MMP: inserimento della MMP Saw Guide ® e fissazione con punta da  $\varnothing$  3,5mm**



**Figura 9 MMP: Temporary trial wedge, consente un progressivo avanzamento della cresta tibiale prevenendo la frattura della corticale craniale**



**Figura 10 MMP: inserimento dell'OrthoFoam MMP wedge, con la Butterfly guide che consente l'inserimento di un pin da  $\varnothing$  1,6mm che consente di fissare l'impianto alla cresta ed alla diafisi tibiale.**



**Figura 11 MMP: applicazione di un cerchiaggio a "8" da  $\varnothing$  1mm, che funge da tension band. A completamento dell'intervento.**

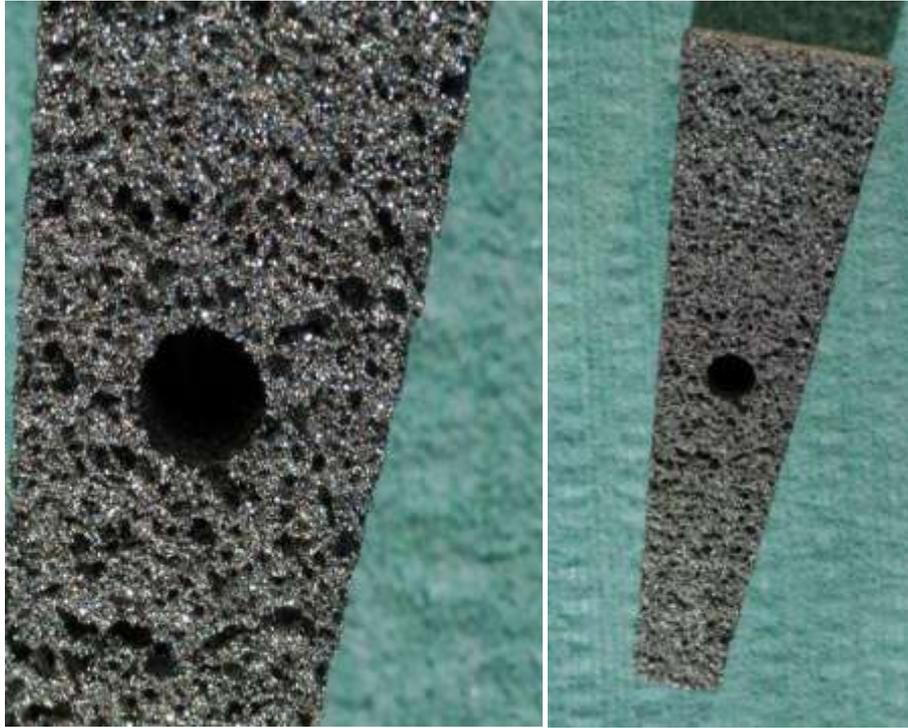
### **Orthofoam MMP wedge**

L'Orthofoam MMP wedge, un particolare cuneo in schiuma di titanio "Ti Foam", rappresenta il punto chiave della "Modified Maquet Procedure", innovativa tecnica proposta da Ness nel 2012 per il trattamento della rottura del LCCr. La misura di tale cuneo definisce il grado di avanzamento della cresta tibiale. La sua struttura porosa consente l'invasione da parte di tessuto osseo neoformato, che colma il sito di osteotomia, rendendo possibile la fissazione della cresta e promuovendo la formazione di un callo osseo stabile. L'utilizzo di materiali metallici porosi è stato proposto per la fissazione scheletrica fin dagli anni '60 (Petersen, 1969; Cameron, 1973; Bobyn, 1980). Diversi studi hanno portato all'utilizzo di questi materiali, ormai in maniera routinaria nella chirurgia ortopedica specialistica veterinaria. In passato, materiali come polimeri e ceramica erano utilizzati come osteoinduttori (Mastogiaco et al., 2006). Questi materiali

promuovono la crescita dell'osso, attraverso appositi scaffold (supporto) che favoriscono la crescita cellulare. Il processo che inizia con la migrazione di elementi cellulari indifferenziati dal tessuto dell'ospite, è seguito dalla proliferazione degli stessi attraverso lo scaffold per creare nuovo osso. Tuttavia polimeri e ceramica hanno mostrato un scarso rapporto resistenza-peso e scarsa rigidità in condizioni di carico (Faria et al.,2008). In alternativa, l'impiego di scaffold metallici è risultato più vantaggioso per la resistenza meccanica che hanno mostrato anche in condizioni di carico notevole e per lunghi periodi (Faria et al.,2008). Scaffold in titanio puro (Ti) o come leghe ( $Ti_4Al_6V$ ) hanno mostrato una notevole biocompatibilità essendo stati ampiamente testati in protesi articolari e per la fusione spinale (Urban R, 1996; Thelen S, 2004). Wen e colleghi nel 2002 svilupparono una "Ti foam" caratterizzata dalla presenza di micro e macro porosità che ricalcano l'architettura dell'osso (Wen et al, 2002). Studi in vitro hanno messo in evidenza la capacità degli osteoblasti di proliferare all'interno dei micropori dello scaffold. Queste cellule mostravano non solo la capacità di aderire alla superficie dello scaffold e diffondere all'interno dello stesso, ma anche di formare una matrice extracellulare (St-Pierre, 2005; Cachinho, 2007). La caratteristica che consente di ottenere un'efficiente proliferazione e crescita di tessuto osseo è stata individuata nella grandezza dei pori. Diversi studi hanno individuato come dimensione ottimale, non solo per la proliferazione cellulare ma anche per il mantenimento del sistema vascolare che supportasse tale proliferazione, quella compresa tra i 100 ed i 500  $\mu m$  (Li et al., 2005). Sargeant e colleghi nel 2008 in uno studio in vivo su femore di ratto hanno utilizzato uno scaffold ibrido, una schiuma in lega di titanio ( $Ti_4Al_6V$ ). L'esame istologico, a 4 settimane, del sito di impianto ha rivelato la presenza di osso neoformato che dalla corticale attraversava l'impianto, ciò confermava la biocompatibilità dello

scaffold, che promuovendo la crescita dell'osso garantiva un ancoraggio ottimale ed una stabilizzazione efficiente (Sargeant, 2008).

La superficie finemente irregolare dell'Orthofoam MMP wedge<sup>®</sup> crea un attrito notevole con l'osso con cui è a contatto, al punto che la frizione tra il cuneo e l'osso rappresenta un punto stabile di fissazione iniziale. La deposizione di tessuto osseo neoformato attraverso la struttura porosa del cuneo consente una fissazione dell'impianto di tipo "biologico". Tale "fissazione biologica" conferisce stabilità ed assicura la tenuta all'impianto nel lungo termine (Spector, 1987). Un'efficiente fissazione e stabilità sono ottenute soltanto se la struttura, la composizione e le proprietà del materiale sono adattate alla loro applicazione (Boby, 1980). Il National Research Council of Canada ha recentemente sviluppato un sistema di produzione di una schiuma di titanio "Ti foam" dall'elevata porosità. Tale processo ha portato alla realizzazione di impianti che sono stati adattati alla ricostruzione ed alla guarigione dell'osso. L'Orthofoam MMP wedge<sup>®</sup> possiede, infatti, una elevata biocompatibilità e delle proprietà meccaniche che la rendono utilizzabile anche in impianti che sono sottoposti a situazioni di carico dinamico. La possibilità di una connessione tra l'interfaccia cuneo-osso garantisce una rapida guarigione del sito di frattura e consente una stabile fissazione dell'impianto (Echtemparaborde, 2010).



**Figura 12: OrthoFoam MMP wedge, particolare che mette in evidenza l'alternanza di micro e macropori. il foro centrale consente il passaggio di un pin da 1,6mm che consente la fissazione dell'impianto**

# **PARTE SPERIMENTALE**

## **MATERIALI E METODI**

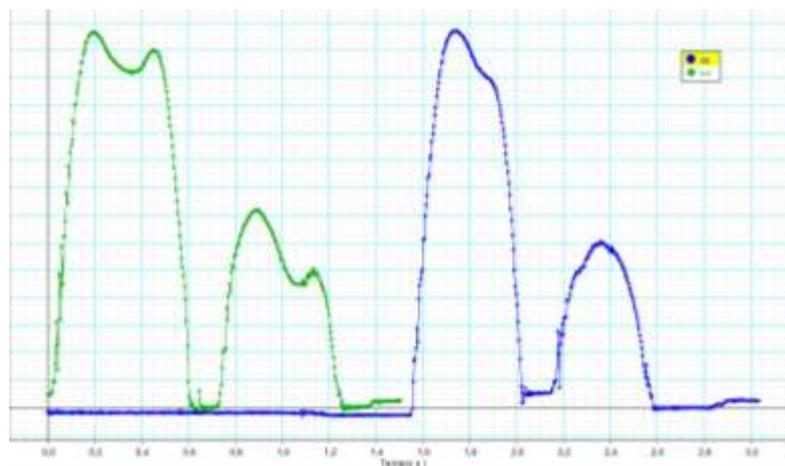
Dal Giugno a Dicembre 2013 sono stati selezionati tutti i casi con diagnosi definitiva di rottura del legamento crociato craniale (RLCCr), riferiti presso l'O.V.U.D. del dipartimento di Medicina Veterinaria e Produzioni Animali dell'università di Napoli Federico II. I soggetti sono stati divisi in maniera randomizzata in due gruppi. L'unica differenza tra questi era la tecnica chirurgica impiegata: il gruppo D, trattati con tecnica extrarticolare c.d. del De Angelis modificata; il gruppo M, trattati con tecnica TTA MMP.

### **Valutazioni preoperatorie**

Per tutti i pazienti erano registrati razza, sesso, età, peso, tempo di insorgenza della zoppia, grado di zoppia e valutazione del carico al passo mediante impiego della pedana di forza. I pazienti sono stati classificati in base al grado di zoppia preoperatoria, utilizzando una scala numerica che prevedeva sei gradi di zoppia in ordine crescente (Etchepareborde, 2011). I soggetti erano così classificati: 0 assenza di zoppia al passo ed al trotto e di asimmetria del carico in stazione, 1 assenza di zoppia al passo ed al trotto e minima asimmetria del carico in stazione, 2 zoppia al passo o al trotto in senza di segni di lassità articolare all'anca, 3 zoppia al passo o al trotto con segni di lassità articolare all'anca, 4 mancato carico al trotto, 5 mancato carico in stazione.

## Protocollo valutazione su pedana di forza

Tutti i pazienti erano monitorati con piattaforma di forza inserita in una nicchia, modellata sulla sagoma della piattaforma, ricavata in pedane di compensato lunghe 4 metri e larghe 1 metro. La perfetta forma della nicchia impediva qualunque movimento del sensore ed evitava il fastidioso “effetto scalino”, prevenendo oscillazioni e slittamenti quando vi si applicavano le forze. Il tappeto utilizzato per coprire la piattaforma doveva essere rigorosamente antiscivolo, ma non doveva in nessun modo avere proprietà elastiche tali da assorbire le forze di impatto. Il paziente era guidato senza condizionamenti esterni e sempre dalla stessa persona che, percorrendo un tragitto immaginario maggiore della lunghezza delle pedane di legno, consentiva al paziente di non effettuare dei giri troppo stretti che ne avrebbero compromesso l’omogeneità dell’andatura. Un computer collegato alla piattaforma elaborava i dati delle forze impresse sulla piattaforma ottenendo una curva forza/tempo; lo stesso consentiva di valutare in tempo reale se la registrazione fosse stata valida o inficiata da artefatti. Un secondo operatore aveva il compito di osservare il cane durante il passaggio su piattaforma per discriminare quale arto veniva appoggiato e memorizzare la registrazione avvenuta con una sigla. Nel nostro studio avevamo utilizzato la sigla “sn” per indicare l’arto sinistro e la sigla “ds” per quello destro.



**Figura 13: Espressione grafica di una misurazione arto sano (verde) arto patologico (blu).**

Le rilevazioni venivano considerate valide solo quando consentivano la misurazione singola di ogni arto. Il test continuava finché almeno 10 rilevazioni valide per ogni arto posteriore fossero state registrate.

Il test veniva eseguito prima dell'intervento chirurgico (T0), ad uno (T1), a due (T2) e tre mesi (T3) dalla chirurgia rispettivamente.

I dati di ogni fase di appoggio venivano immagazzinati sotto forma di due grafici: un grafico rappresentava le forze verticali e l'altro le forze parallele al suolo. Nel nostro studio erano state esaminati solo i grafici relativi alle forze verticali.

Il nostro lavoro consisteva anche nell'ottenere grafici "ripuliti" dalle forze registrate per l'eventuale appoggio dell'arto anteriore, e dalla fase precedente e successiva all'appoggio corrispondente a zero Newton. Dai grafici così ottenuti si potevano calcolare i valori relativi alle forze verticali e ai tempi di appoggio. Delle forze verticali di ogni rilevazione venivano analizzate: il picco di forza massimo (PVF), l'impulso verticale (VI) e la durata dell'appoggio (TA); si consideravano, inoltre, la conformazione della curva ottenuta e si confrontavano i dati con quelli ottenuti sull'arto contro-laterale. La "pulizia" dei grafici si era resa

necessaria al fine di inserire, in fogli di lavoro di Microsoft® Office Excel®, solo i valori adatti ad un'analisi matematico-statistica utile al nostro studio. L'analisi matematica effettuata permetteva di calcolare, a partire dal PVF e il VI medi di ogni arto e il peso del singolo paziente, ulteriori parametri utili ai fini statistici il PVF - % BW per conoscere la percentuale del peso corporeo caricata nel picco di forza massima, il VI - % BW per conoscere la percentuale del peso corporeo impegnata nell'impulso verticale. Questi calcoli venivano effettuati per ogni paziente in tutti i tempi stabiliti.

### **Valutazione radiografica preoperatoria**

In tutti i soggetti venivano eseguite radiografie delle anche in posizione Ventro-dorsale (VD) standard, VD con distrattore e VD con arti flessi senza compressione, delle ginocchia in proiezione medio-laterale (ML) con ginocchia in posizione fisiologica (~ 135°). Utilizzando la proiezione ML venivano effettuate le misurazioni che consentivano di stabilire l'entità dell'avanzamento della cresta tibiale e di poter scegliere l' OrthoFoam™ MMP wedge. Le misurazioni erano eseguite come descritto da Ness nel 2012.

### **Scelta dell' OrthoFoam™ MMP wedge**

Il protocollo per la scelta del cuneo ripete quanto segnalato da Ness nel 2012, che contempla i seguenti passaggi: su una radiografia in proiezione ML del ginocchio in posizione fisiologica si traccia una linea AB che individua il tibial plateau slope. Un'altra retta CD viene tracciata per individuare l'asse funzionale della tibia. Dal punto C si traccia una retta CE in maniera da formare un angolo DCE di

135°. Da un punto F corrispondente al punto di inserzione del tendine tibio-rotuleo viene tracciata una retta FG parallela alla retta CE. L'intersezione tra FG e AB individua il punto H. Dal punto F viene poi tracciata la retta FI perpendicolare ad AB ed una retta FL perpendicolare a CD. A questo punto viene tracciata una retta parallela ad FI e passante per il punto H, che incontra la retta FL nel punto M. La distanza tra il punto F ed il punto M consente di stabilire la grandezza del rthoFoam™ MMP wedge per ottenere un avanzamento della tuberosità tibiale tale da determinare un  $PTA \leq 90^\circ$ .



**Figura 15 MMP: le misurazioni pre operatorie consentono di scegliere l'OrthoFoam MMP wedgr adeguato per il corretto avanzamento della cresta tibiale.**

## Protocollo anestesilogico

A tutti i soggetti si imponeva un digiuno di 12 ore. Alla visita pre-anestetica si valutavano le condizioni cliniche di ogni soggetto e si annotavano i parametri vitali basali.

La premedicazione consisteva nella somministrazione di una miscela composta da Acepromazina maleato alla dose di 0,025 mg/kg (Prequillan<sup>®</sup> 10%, ATI) e Morfina Cloridrato (Morfina<sup>®</sup> 1%, Molteni) alla dose di 0.3 mg/kg per via intramuscolare. Successivamente si procedeva con l'inserimento di un catetere endovenoso (Jelco<sup>®</sup>, Johnson&Johnson) nella vena cefalica dell'avambraccio per la somministrazione della fluidoterapia che consisteva nell'infusione di Ringer lattato alla velocità di 10 ml/Kg/h per via endovenosa fino al risveglio dall'anestesia.

Dopo 15 minuti dalla premedicazione si proseguiva con l'induzione dell'anestesia con Propofolo (Propofol<sup>®</sup> 1%, Merial) "ad effetto" (2-4 mg/Kg/e.v.) fino ad ottenere l'intubazione endotracheale del soggetto. I pazienti venivano quindi connessi ad un circuito respiratorio e all'apparecchio di anestesia. Il mantenimento veniva realizzato erogando una miscela di Isoflurano (Isoflo<sup>®</sup>, Abbott) in ossigeno al 100%.

Con il cane posizionato in decubito contro-laterale all'arto interessato, veniva effettuata la tricotomia e la disinfezione del campo per l'esecuzione dell'anestesia loco-regionale. Veniva realizzato il blocco anestetico paravertebrale per il nervo femorale ed per il nervo sciatico come descritto in letteratura (Campoy L. et al., 2008) localizzando i tronchi nervosi con l'ausilio di un elettro-neuro-stimolatore Vygon (Plexygon Nerve Stimulator<sup>®</sup>, Italia) collegato ad aghi isolati unipolari (Locoplex, Vygon<sup>®</sup>, Italia) con diametro di 21 Gauge e lunghezza di 100 mm. I

blocchi anestetici venivano realizzati con Bupivacaina (Marcaina<sup>®</sup> 0.5%, Abbott) alla dose totale di 1 mg/Kg. Al risveglio dall'anestesia la terapia antalgica proseguiva con la somministrazione di Buprenorfina (Temgesic<sup>®</sup> 0.03%, Shering-Plough) alla dose di 20 µg/kg per via intramuscolare per le successive 24 ore e Firocoxib (Previcox<sup>®</sup>, Merial) alla dose di 5 mg/kg per via orale per i 10 giorni successivi la procedura chirurgica.

### **Tecnica chirurgica “Modified Maquet Procedure”**

Il paziente era posizionato in decubito laterale con l'arto affetto a contatto con il tavolo. L'arto era preparato per la chirurgia e coperto con teli sterili che consentivano l'esposizione della faccia mediale del ginocchio fino all'articolazione del tarso. L'accesso chirurgico all'aspetto cranio mediale della cresta tibiale era ottenuto mediante una incisione cutanea con andamento prossimo distale. I tessuti sottocutanei non sono stati dissezionati, la sola incisione attraverso questi consentiva l'esposizione del periostio. Un'incisione parapatellare mediale di 2 cm di lunghezza a 5mm di distanza dal tendine tibio-rotuleo, consentiva di inserire l'apposita guida MMP Saw Guide<sup>®</sup> per la sega oscillante. Il pin prossimale della guida era inserito in maniera da essere ancorato al punto di inserzione del legamento tibio-rotuleo. Il pin distale, posto a contatto con la porzione terminale della cresta tibiale, consentiva di posizionare in maniera adeguata la MMP Saw Guide<sup>®</sup>. Con una punta da ø 3,5mm veniva effettuato il “foro di Maquet” e lasciando la punta in situ si fissava contestualmente la MMP Saw Guide<sup>®</sup> all'osso. Il periostio veniva inciso, attraverso la guida per la sega, con il bisturi in maniera da creare un alloggiamento per la sega oscillante. Con l'utilizzo di una sega oscillante si otteneva l'osteotomia della cresta tibiale.

Rimossa la guida il taglio era completato fino al “Foro di Maquet”. Posizionando una pinza da riduzione sul terzo prossimale della cresta si agevolava l’inserimento dei trial wedges. I trial wedges rispettivamente da 6; 9; 10,5; 12; 13,5 e 15mm venivano inseriti in maniera progressiva ed ordine crescente fino al wedge corrispondente alla misura definitiva. L’ OrthoFoam™ MMP wedge veniva inserito con un apposito applicatore, posizionato ad una distanza di 1-2mm dal “foro di Maquet” ed allineato con la corticale mediale della cresta osteotomizzata. Un’apposita Butterfly drill guide consentiva l’inserimento di un chiodo di kirshner da 1,6mm che attraversando la cresta fissava l’ OrthoFoam™ MMP wedge alla diafisi tibiale. Successivamente veniva applicata una tension band con un filo da cerchiaggio da 1 mm di diametro. I tessuti molli erano ricostruiti con una sutura continua semplice in materiale riassorbibile Ethicon®, PDS II USP 3-0, la cute era ricostruita con una sutura a punti nodosi staccati in materiale non riassorbibile Ethicon®, Ethilon USP 3-0.

### **Tecnica Extrarticolare di De Angelis modificata**

Il paziente era posizionato in decubito dorso laterale. L’arto preparato per la chirurgia e coperto con teli sterili nella parte prossimale alla regione della coscia mentre, la regione metatarso-falangea era protetta mediante l’applicazione di una fascia di Vetrap® sterile. Sul versante laterale viene praticata un’incisione che inizia qualche cm prossimalmente alla rotula e si estende fino a tutta la cresta tibiale. La dissezione per via smussa consente di esporre il setto tra la lamina superficiale della fascia lata ed il muscolo bicipite femorale prossimalmente ed il retinacolo laterale distalmente, fino ad esporre la capsula articolare. Con l’ausilio di uno scolla-periostio, si separa il muscolo tibiale craniale dalla cresta tibiale.

Sulla cresta così esposta vengono eseguiti due fori in sede prossimale distanziati tra loro di 3-5 mm con una punta da 2,7 mm  $\varnothing$ . Un'ansa di filo in Nylon  $\varnothing$  0,9 mm lunga 120cm circa, inastata nell'ago apposito era fatta passare dietro la fabella laterale. Il filo era tagliato nel punto di contatto con la cruna dell'ago in maniera da ottenere due fili separati della stessa lunghezza. Successivamente i capi liberi così ottenuti erano incrociati e fatti passare, con direzione latero mediale, attraverso i due fori nella cresta tibiale, descrivendo una figura ad "8". Con l'arto in leggera flessione ed in extrarotazione del metatarso, le due suture erano messe in tensione ed annodate sul versante mediale della cresta tibiale. La fascia lata veniva plissettata con una sutura a punti nodosi staccati in Etichon® PDS II USP 1, la fascia superficiale era ricostruita con una sutura continua semplice a soprappiglio in materiale Etichon ® PDS II USP 2-0, la cute era ricostruita con una sutura intradermica in materiale Etichon ® PDS II USP 3-0.

### **Follow-up**

Il follow-up consisteva nell'esecuzione di una radiografia ML del ginocchio, in posizione fisiologica, nell'immediato post-operatorio , e controlli clinici a scadenza mensile per tre mesi durante i quali veniva, inoltre, valutato il carico utilizzando la pedana di forza. Inoltre, per i soggetti appartenenti al gruppo M venivano eseguiti controlli radiografici con la stessa cadenza.

### **Analisi Radiografica**

Tutte le radiografie sono state eseguite ed esaminate presso il Centro interdipartimentale di Radiologia Veterinaria dell'Università degli studi di Napoli

Federico II. Su ogni radiogramma era valutato il grado di DJD utilizzando una scala numerica proposta da JP Morgan nel 2010. Tale scala prevedeva l'ispezione di 12 siti in cui era valutata la gravità dell'artrosi in relazione al grado di deposizione di osso neoformato. I siti anatomici investigati erano: apice della rotula, base della rotula, recesso prossimale craniale, recesso prossimale caudale, labbro trocleare mediale, labbro trocleare laterale, condilo ed epicondilo femorale laterale, condilo ed epicondilo femorale mediale, fossa intercondiloidea, plateau tibiale mediale, plateau tibiale laterale, plateau tibiale caudale. Per ogni sito si attribuiva un grado 0 in assenza di segni di DJD, 1 ridotta presenza di osteofiti, 2 moderata presenza di osteofiti, 3 severa presenza di osteofiti (Morgan, 2010). Inoltre su ogni radiogramma era valutata la guarigione del sito di osteotomia, prendendo in considerazione la qualità del callo osseo nella regione compresa tra la punta dell' OrthoFoam™ MMP wedge ed il "foro di Maquet".

## Analisi Statistica

I dati sono stati raccolti su foglio di calcolo informatizzato (Microsoft® Excel®), prima di essere importati in un programma per l'analisi statistica (Prism®7 GraphPad Software Inc. © 2014).

La normalità dei dati è stata testata mediante test W di Shapiro-Wilk.

Il confronto tra i due gruppi per il tempo di appoggio in secondi (TAs), il vertical impulse in relazione al peso corporeo (VI % BW), ed il picco di forza verticale in relazione al peso corporeo (PVF % BW) pre-operatorio (T<sub>0</sub>) sono stati confrontati mediante test U di Mann-Whitney.

Le variabili non parametriche, cioè non distribuite normalmente: grado di artrosi, TAs, VI % BW, PVF % BW, sono state confrontate con il test di Friedman e, *post hoc*, con il test per confronti multipli Dunn.

Un approccio statistico con ANOVA modificata (MANOVA) è stato applicato per valutare l'effetto della patologia e della tecnica in funzione del tempo.

Il livello di significatività è stato posto a  $P < 0,05$ .

## RISULTATI

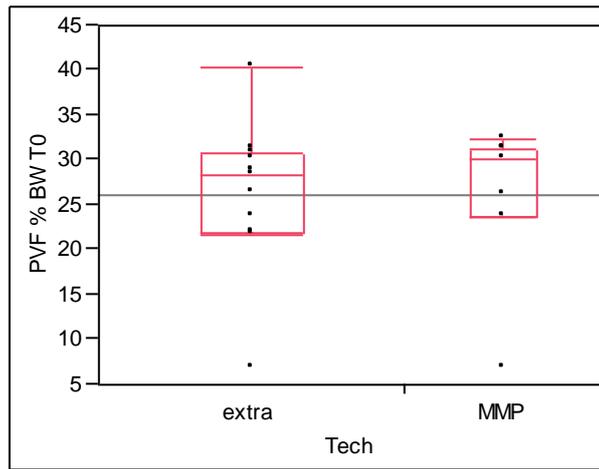
Sono stati inclusi nello studio 18 cani, di cui 11 allocati nel gruppo D e 7 cani inclusi nel gruppo M.

Le razze dei soggetti inclusi nel gruppo D erano: Rottweiler (n=4), Labrador (n=2), ed 1 solo soggetto delle seguenti razze: Golden Retriever, Dobermann, Cane Corso, Pastore Tedesco, meticcio.

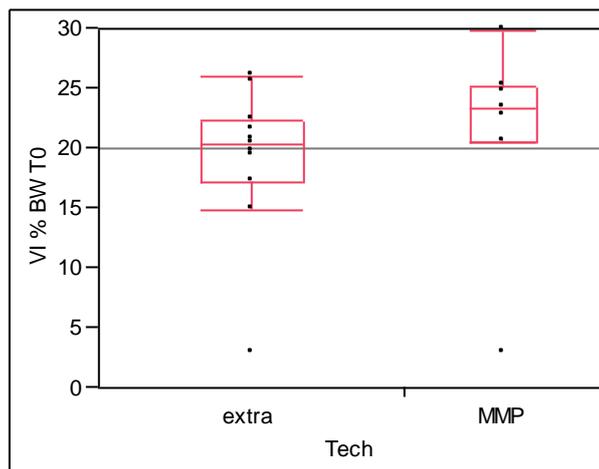
Le razze dei cani incluse nel gruppo M erano: meticcio (n=2), Cane Corso (n=3), Golden Retriever (n=1), Bull Mastiff (n=1).

L'età media dei soggetti appartenenti al gruppo D, espressa in mesi era di 42 ( $\pm$  12,3) (range 30 - 62), il peso medio espresso in Kg, era di 36,7 ( $\pm$  8,1) (range 19,5 - 47). L'età media dei soggetti appartenenti al gruppo M, espressa in mesi, era 36 ( $\pm$  8,7) (range 24 - 50), il peso medio, espresso in Kg, era 39,7 ( $\pm$  11,4) (range 19,5 - 49). Non risultava alcuna differenza statisticamente significativa tra i due gruppi né per l'età né per il peso ( $P = 0,6$ ;  $P = 0,8$ ; rispettivamente).

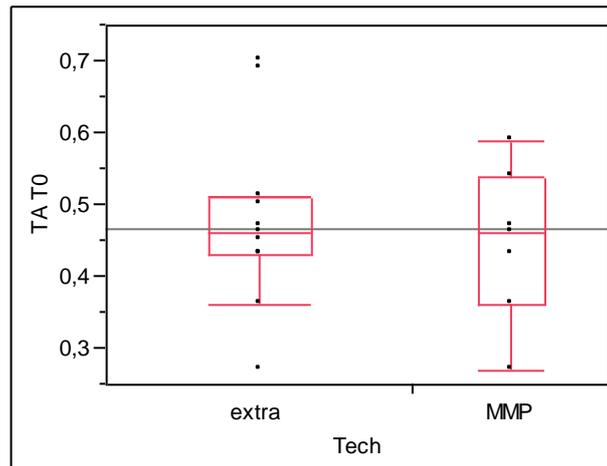
Il grado di zoppia, valutata al momento della prima visita, aveva un valore di mediana di 3 (range 3-5) nel gruppo M e di 3 (range 1-5) nel gruppo D. Non vi era alcuna differenza statistica per questo valore tra i due gruppi ( $P = 0,87$ ). Per valutare in maniera oggettiva che non vi fosse una reale differenza tra i due gruppi per quanto concerne il carico dell'arto malato, sono stati confrontati a  $T_0$  i valori di PVF % BW (gruppo D  $26,3 \pm 8,3$ ; gruppo M  $25,9 \pm 9$ ;  $P=0,59$ ), i valori di VI % BW (gruppo D  $19,1 \pm 6,3$ ; gruppo M  $21,3 \pm 8,6$ ;  $P=0,17$ ) ed i valori di TAs (gruppo D  $0,48 \pm 0,13$ ; gruppo M  $0,45 \pm 0,11$ ;  $P=0,75$ ).



**Figura 6** Rappresentazione grafica del confronto a T<sub>0</sub> tra gruppo D (extra) e gruppo M (MMP) per il PVF % BW.



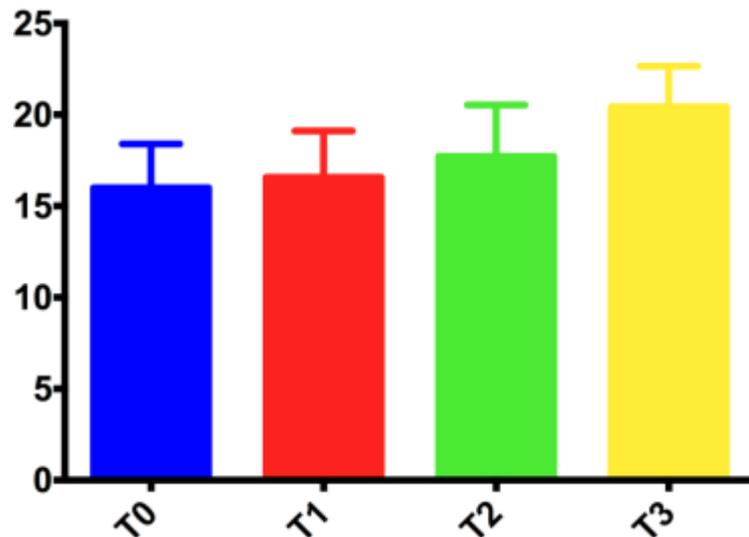
**Figura 7:** Rappresentazione grafica del confronto a T<sub>0</sub> tra gruppo D (extra) e gruppo M (MMP) per il VI % BW.



**Figura 8: Rappresentazione grafica del confronto a T<sub>0</sub> tra gruppo D (extra) e gruppo M (MMP) per il TAs.**

Il tempo medio intercorso tra l'insorgenza della zoppia e la prima visita, espresso in giorni, per i pazienti del gruppo M era di 70 ( $\pm 45,8$ ) (range 10 – 150) e di 57 ( $\pm 28,7$ ) (range 7-135) per il gruppo D. La differenza tra i due gruppi non è risultata essere statisticamente significativa ( $P = 0,27$ ).

Il punteggio medio dell'osteoartrite, per il solo gruppo M, valutato radiologicamente era a T<sub>0</sub> 16 ( $\pm 6,3$ ), a T<sub>1</sub> 16,6 ( $\pm 6,6$ ), a T<sub>2</sub> 17,5 ( $\pm 7,4$ ), a T<sub>3</sub> 20 ( $\pm 5,9$ ). Con il test di Friedman si rilevava una tendenza al miglioramento ( $P=0,003$ ); in particolare, una differenza statisticamente significativa è risultata tra T<sub>3</sub> e T<sub>0</sub> con  $T_3 > T_0$  ( $P=0,05$ ) e tra T<sub>3</sub> e T<sub>1</sub> con  $T_3 > T_1$  ( $P=0,05$ ).

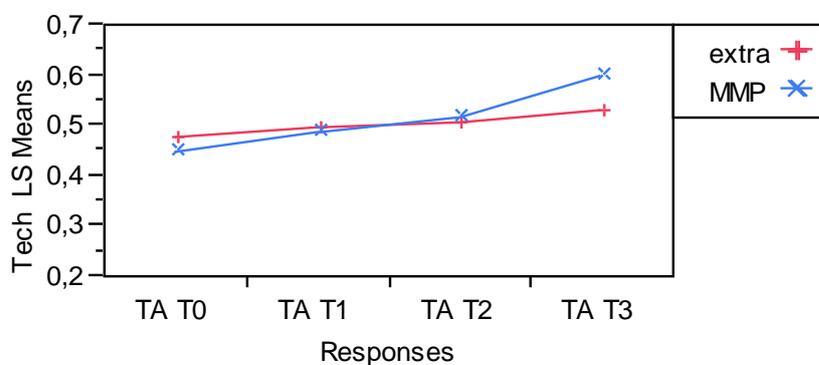


**Figura 9: Rappresentazione grafica dell'andamento nel tempo del grado di artrosi nel gruppo M. Notare la differenza significativa tra T<sub>3</sub> e sia T<sub>0</sub> che T<sub>1</sub> (P=0,05).**

La misura degli OrthoFoam™ MMP Wedge utilizzati era 9mm (n=2), 10,5mm (n=4), 13,5mm (n=1). In sei pazienti è stato applicato, come tension band, un cerchiaggio ad “8” con filo di kirshner della misura di 1 mm ø, in un paziente è stato applicato uno stample. La rottura completa della corticale craniale della cresta tibiale, in corrispondenza del “foro di Maquet”, si è realizzata nel perioperatorio in 2 cani, l’incompleta fisi di questa porzione si è realizzata in 3 cani nell’immediato postoperatorio. In un soggetto, a due mesi dall’intervento, si è realizzata la frattura completa della cresta senza la dislocazione dell’impianto. In un soggetto, ad un mese, si è realizzata la frattura completa della cresta con dislocazione prossimale del wedge, senza modifica del TPA. Negli stessi due soggetti si è riscontrata tumefazione del sito chirurgico. In nessun paziente si è avuta deiscenza della sutura, infezione del sito chirurgico e disturbo di circolo. Radiograficamente la guarigione del sito di osteotomia era completa a 90 giorni dalla chirurgia.

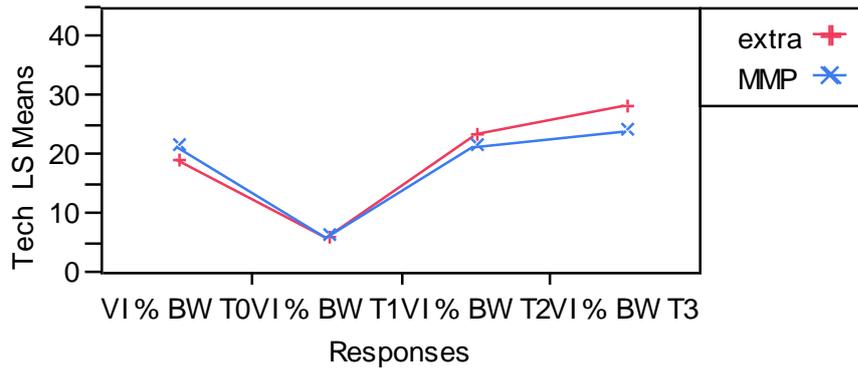
I dati ottenuti con l'impiego della pedana di forza ai tempi stabiliti sono stati inclusi in un modello statistico che prevede una modifica dell'ANOVA per valutare l'effetto delle tecniche chirurgiche sulla malattia e se esistesse un'interazione tra le tecniche ed il tempo trascorso dall'intervento.

Tale analisi ha messo in evidenza per il TAs una tendenza al miglioramento significativamente superiore per i soggetti del gruppo M ( $P=0,0002$ ) e come l'interazione tra la tecnica MMP ed il tempo trascorso dall'intervento avesse un effetto significativo ( $P=0,0001$ ).



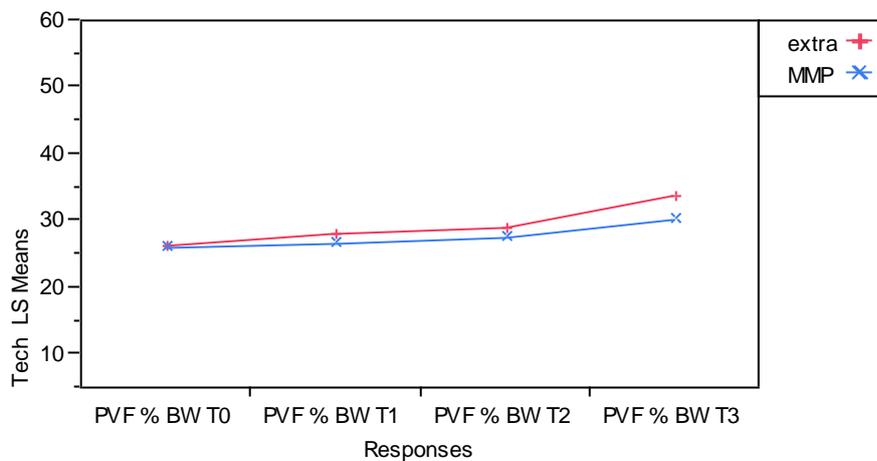
**Figura 10: Rappresentazione dell'andamento del TAs in relazione alla tecnica ed al tempo.**

L'analisi del VI % BW ha mostrato i seguenti risultati: nessun effetto della tecnica chirurgica ( $P=0,66$ ) né dell'interazione tra la stessa ed il tempo trascorso dall'intervento ( $P=0,44$ ); è risultato statisticamente significativo l'effetto del tempo ( $P < 0,0001$ ).



**Figura 11: Rappresentazione dell'andamento del VI % BW in relazione alla tecnica ed al tempo.**

Per quanto riguarda il PVF % BW non è stata registrata alcuna correlazione significativa ne con la tecnica utilizzata ( $P=0,6$ ), ne con il tempo trascorso dall'intervento ( $P=0,24$ ), tantomeno l'interazione tra questi due fattori ( $P=0,94$ ).



**Figura 12: Rappresentazione dell'andamento del PVF % BW in relazione alla tecnica ed al tempo.**

## DISCUSSIONI

L'avanzamento della tuberosità tibiale TTA, tecnica consolidata nel trattamento della rottura del legamento crociato craniale del cane, è utilizzata ormai in un'ampia varietà di soggetti. I due gruppi inclusi nello studio risultavano omogeneamente distribuiti per peso, età, grado di zoppia valutato in maniera oggettiva confrontando al T<sub>0</sub> il PVF % BW, il VI % BW ed il TAs. Sebbene non ci siano studi che riportino limiti di taglia e peso, la scelta dei candidati per tale procedura è vincolata alla disponibilità in commercio di cage, per la tecnica classica, di dimensioni massime di 12 mm, inoltre, soggetti con dimensioni ridotte della cresta tibiale male si prestano al posizionamento dell'apposita placca. Tale inconveniente è superato però con le tecniche di TTA modificata sia MMT (*Modified Maquet Technique*) che la più recente ed innovativa MMP (*Modified Maquet Procedure*). La possibilità infatti di ottenere l'avanzamento della cresta tibiale senza dover impiegare l'apposita placca che funge da banda di tensione, consente di arruolare anche pazienti con una cresta tibiale poco pronunciata. Per quanto riguarda la Modified Maquet Procedure, l'Orthomed ha prodotto degli OrthoFoam™ MMP wedge che arrivano alla dimensione massima di 13,5mm, ciò consente, quindi, anche in quei soggetti che, per conformazione anatomica dell'inclinazione del plateau tibiale lo richiedono, di ottenere un avanzamento maggiore. Etchepareborde nel 2010, in uno studio biomeccanico ha dimostrato che un filo metallico di  $\varnothing$  1mm è sufficiente a fissare la cresta tibiale in cani di peso superiore ai 38 kg. Nel nostro campione un filo di tale dimensione si è mostrato adeguato anche in soggetti di peso superiore (max 50 kg). La frattura della cresta durante l'esecuzione della MMP rappresenta un punto critico, in quanto, la stabilità del frammento osteotomizzato, è demandata solo all'integrità

del periostio e dei tessuti molli nelle fasi intraoperatorie. Successivamente l'aggiunta di un cerchiaggio metallico ad "8" che funge da banda di tensione, previene la possibile frattura completa della corticale craniale al "foro di Maquet". Dopo aver eseguito l'osteotomia l'avanzamento della cresta tibiale deve essere progressivo ed eseguito in maniera attenta e delicata, a tale scopo l'Orthomed ha ideato dei wedge temporanei, di misura differente da 6,5 mm a 13,5 mm questi "Temporary Wedge" vengono inseriti e lasciati in situ per circa un minuto, in maniera da ottenere un "cedimento progressivo" dei tessuti tale da consentire l'inserimento dell'OrthoFoam™ MMP wedge definitivo. Diversi autori riportano la frattura della cresta in corso di TTA senza che però si verifichi l'avulsione del frammento. Nel nostro campione solo in due pazienti si è realizzata la completa frattura della cresta, senza tuttavia la contestuale avulsione del frammento. In uno dei pazienti una revisione chirurgica con l'aggiunta di un ulteriore filo da cerchiaggio ha consentito la stabilizzazione della frattura. In un altro paziente in cui si è realizzata la dislocazione prossimale dell'impianto, non si è realizzata, tuttavia, né l'avulsione del frammento né una modifica del PTA. Ciò conferma l'importanza dell'integrità del periostio e dei tessuti molli nella stabilizzazione di questo tipo di osteotomia correttiva. Nei due pazienti in cui si è realizzata la frattura totale della cresta, è stato riferito, in entrambe i casi, da parte dei proprietari un evento traumatico di entità notevole che ha coinvolto i soggetti.

Nel cane, gli effetti dello spostamento iatrogeno della rotula sull'asse prossimale non sono noti. Diversi studi hanno messo in relazione condizioni di "patella alta o bassa" con l'incidenza della lussazione laterale o mediale, tuttavia non esistono studi che confermano una relazione tra l'avanzamento della cresta tibiale e condizioni di "patella bassa". In accordo con quanto riportato in letteratura anche nel nostro campione per nessun paziente è stata registrata una tendenza alla

lussazione, né mediale né laterale. La valutazione radiografica, nel follow-up, ha mostrato chiari segni di guarigione del sito di osteotomia che è risultata essere completa a circa 90 giorni post intervento. Questo dato era confermato, inoltre, dall'evidenza della totale ripresa dei pazienti che ritornavano ad una normale attività fisica, con piena soddisfazione dei proprietari. Anche questo dato trova rispondenza in letteratura, Etcheparaborde in uno studio preliminare, condotto nel 2011, su 20 soggetti trattati con tecnica TTA MMT, registrava soddisfacenti segni radiografici di guarigione del sito di osteotomia a circa 90 giorni dalla chirurgia (Etcheparaborde, 2011). In cinque pazienti non sono stati riscontrati: tumefazione del sito chirurgico, segni d'infezione né locali né sistemici, deiscenza della sutura. Questo dato conferma il vantaggio di impiegare una tecnica che si fonda sul concetto del "biological repair". Pur praticando una osteotomia, il rispetto per i tessuti molli e della vascolarizzazione, associati ad una rapida esecuzione dell'intera procedura, consentono una rapida guarigione e riducono al minimo la percentuale di incidenza di complicanze seppur minime. Nei due soggetti in cui si è realizzata la completa frattura della cresta era, tuttavia, presente una notevole tumefazione del sito chirurgico. Dolore alla palpazione del sito chirurgico era presente solo nelle prime due settimane post operatorie. Tutti i pazienti a 5 ore dall'intervento deambulavano presentando una lieve zoppia di primo grado. Dimessi dopo 48h i proprietari riferivano una andatura normale per la prima settimana, con una zoppia di II grado che mediamente compariva intorno al 14° giorno, durava in media per due giorni per poi rientrare senza alcun trattamento. In tutti i pazienti la somministrazione di Cefazolina (*Cefazolina TEVA®*, *Teva Italia S.r.l. – Via Messina, 38 - 20154 Milano*) alla dose di 30mg/kg per 10 giorni e di Firocoxib (*Previcox 227 mg*, *Merial® italia S.r.l, Milano*) alla dose di 4mg/kg

per 7 giorni, si è mostrata una terapia adeguata che non ha richiesto implementazioni.

Il grado di artrosi, monitorato radiograficamente nel follow-up, ha mostrato un incremento del punteggio. Tale punteggio è risultato essere statisticamente significativo tra T3 e T0 e T1, rispettivamente. Questo dato trova risponienza con quanto riportato in letteratura, infatti in uno studio prospettico condotto nel 2004, Innes e colleghi hanno messo in evidenza un'attiva progressione dell'osteofitosi nei primi 7 mesi dopo la stabilizzazione chirurgica (Innes,2004).

La valutazione mediante impiego della pedana di forza ha consentito di monitorare in maniera oggettiva l'evoluzione e l'andamento della zoppia in tutti i tempi previsti. L'analisi statistica dei dati così ottenuti ha mostrato una tendenza al miglioramento tra T0 e T3. La valutazione del tempo di appoggio TAs ha messo in evidenza un andamento favorevole nel tempo per i soggetti trattati con tecnica MMP che è risultata inoltre significativa in relazione al tempo trascorso dall'intervento. Interessante è stato notare che pazienti trattati con MMP a 5 ore dalla chirurgia deambulavano con un grado di zoppia lievissimo senza mostrare eccessivi segni di disagio, a differenza di quanto accadeva nei pazienti trattati con tecnica extrarticolare di De Angelis modificata in cui si assisteva ad una zoppia di grado variabile del II al III che in media era presente per circa 45 giorni, prima di rilevare un miglioramento concreto. Ciò trova spiegazione nel fatto che in seguito all'applicazione di un tirante fabello tibiale si assiste nelle fasi iniziali ad un aumento della compressione femoro tibiale sul versante laterale. Questa condizione se da una parte provoca dolore all'animale che quindi sottrae l'arto al carico, dall'altra consente grazie al "riposo forzato" la possibilità che il paziente sviluppi una fibrosi periarticolare tale da poter garantire nel lungo periodo la stabilità all'articolazione. La rapida ripresa dei pazienti trattati con tecnica MMP

trova spiegazione, probabilmente, nel fatto che l'avanzamento della cresta tibiale, non alterando la geometria dei piani articolari riesce ad ottenere una ripartizione del carico fisiologica, per tanto il dolore è legato alla procedura chirurgica e non ad una condizione di sofferenza articolare.

Per quanto riguarda la valutazione del VI % BW cioè la percentuale di peso corporeo impegnata nella fase di propulsione del passo non c'è stato nessun effetto significativo della tecnica né dell'interazione tra la stessa ed il tempo, invece è risultato significativo questo valore in relazione solo al tempo. Ciò conferma l'andamento favorevole sia per l'una che per l'altra tecnica nel recupero funzionale dei pazienti nel lungo termine.

Per quanto concerne invece il PVF % BW, cioè il picco di forza massima caricato nella fase di appoggio del passo in rapporto al peso corporeo tra i due gruppi non si è rilevata alcuna differenza statisticamente significativa.

## CONCLUSIONI

La rottura del legamento crociato craniale (LCCr) rappresenta la principale causa di zoppia nel cane. La rottura parziale o completa determina instabilità articolare che innesca una cascata di eventi patologici secondari che includono la progressiva osteoartrosi e le lesioni meniscali. Diverse sono le tecniche chirurgiche messe a punto per il trattamento della rottura del LCCr tutte presentano potenziali vantaggi e svantaggi. Sia le tecniche che prevedono una osteotomia correttiva dell'epifisi prossimale della tibia, che quelle intra ed extrarticolari hanno mostrato risultati clinici sovrapponibili anche nel lungo periodo. L'avanzamento della tuberosità tibiale TTA, proposta da Montavon e colleghi nel 2000, è ormai una tecnica chirurgica consolidata ed è utilizzata in un'ampia varietà di soggetti. Sebbene non ci siano studi che riportino limiti di taglia e peso, la scelta dei candidati per tale procedura è vincolata non solo alla disponibilità in commercio di cage, per la tecnica classica, di dimensioni massime di 12 mm ma anche alla presenza di soggetti con dimensioni ridotte della cresta tibiale che male si prestano al posizionamento dell'apposita placca. Tale inconveniente è superato però con le tecniche di TTA modificata sia MMT (*Modified Maquet Technique*) che la più recente ed innovativa MMP (*Modified Maquet Procedure*). La possibilità infatti di ottenere l'avanzamento della cresta tibiale senza dover impiegare l'apposita placca che funge da banda di tensione, consente di arruolare anche pazienti con una cresta tibiale poco pronunciata. Per quanto riguarda la Modified Maquet Procedure, essa rappresenta l'evoluzione della tecnica classica proposta da Montavon. Partendo dagli stessi principi biomeccanici della tecnica originaria, consente di ottenere un TPA di 90° senza la

necessità di esecuzione di una osteotomia totale della cresta e senza l'impiego della placca. Inoltre, l'utilizzo della placca rende impossibile praticare eventuali chirurgie correttive per le deformità torsionali della tibia nel suo terzo prossimale, determinando quindi l'esclusione di quei pazienti che presentavano sia tale patologia che la contestuale rottura del LCCr. Altro vantaggio di questa tecnica consiste nell'utilizzare come distanziatore un cuneo in schiuma di titanio, dall'elevata biocompatibilità, l' OrthoFoam™ MMP wedge. Questo cuneo caratterizzato dalla presenza di micro e macro pori che mimano l'architettura dell'osso, non solo favorisce la proliferazione di osso neoformato ma offre, anche, un notevole attrito nell'interfaccia osso cuneo in maniera da garantire un'elevata stabilità all'impianto. Gli OrthoFoam™ MMP wedge in commercio arrivano alla dimensione massima di 13,5mm, ciò consente, quindi, anche in quei soggetti che, per conformazione anatomica dell'inclinazione del plateau tibiale lo richiedono, di ottenere un avanzamento adeguato della cresta tibiale. Il concetto di "biological repair", trova la sua massima espressione in questa tecnica. I risultati ottenuti, nell'immediato postoperatorio, sono sorprendenti, pazienti trattati con questa tecnica già a 5 ore dell'intervento deambulavano senza mostrare il benché minimo apparente disagio. Altro vantaggio è la rapidità di esecuzione dell'intera procedura eseguita in un tempo medio di 30 minuti, ciò rappresenta un punto di forza in quanto riduce notevolmente i tempi dell'anestesia e la possibilità di infezioni. La fissazione dell'impianto è garantita, inoltre, solo da due componenti oltre al cuneo e cioè un pin da 1,6mm  $\varnothing$  e da un cerchiaggio ad "8" oppure dall'impiego, in sostituzione del cerchiaggio di uno stample (ancora). Il minimo impiego di materiale estraneo, rappresenta un notevole vantaggio che riduce i rischi di complicanze anche minori in una chirurgia altamente specialistica. Resta infine da chiarire la validità della guida di taglio nei soggetti di taglia gigante. Questa,

infatti, risultando di lunghezza non adeguata in queste circostanze, forza l'esecuzione del foro di Maquet in un'area anatomica prossimale dove l'osso è particolarmente denso e, quindi, poco elastico predisponendo alla frattura in corso di applicazione dei cunei temporanei. Le complicanze da noi osservate sono state costantemente correlate alla frattura dell'osso distalmente al foro di Maquet.

I limiti del nostro studio sono sicuramente il ridotto numero di pazienti trattati ed un follow-up di soli tre mesi. Sicuramente c'è la necessità di ampliare la casistica e di monitorare i pazienti per un periodo più lungo ma a fronte dei risultati clinici ottenuti questa tecnica si colloca, forse, tra le più vantaggiose nel rapporto costi benefici per il paziente rispetto alle altre osteotomie correttive, con una curva di apprendimento minima, costi relativamente ridotti ed un tasso di complicanze sia maggiori che minori che non differisce dalla media riportata in letteratura per procedure come TPLO, TTA classica e TWO.

## Bibliografia

1. **Vasseur PB, Pool RR, Arnoczky SP, et al.:** *Correlative biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs* . Am J Vet Res 1985 ; 46: 1842 - 1854
2. **Wingfield C, Amis AA, Stead AC, et al.:** *Cranial cruciate stability in the Rottweiler and racing Greyhound: An in vitro study* . J Small Anim Pract 2000 ; 41 : 193 - 197
3. **Girgis FG, Marshall JL, Monajem A:** *The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis*. Clin Orthop. 1975; 106: 216-231.
4. **Arnoczky, SP.:** The anatomy of the anterior cruciate ligament. Clin. Orthop 1983. 172: 19-25.
5. **Mott, W. P:** *Semitendinosus anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament*. Clin. Orthop. 1983; 172: 90-92.
6. **Ferretti, F. Conteduca:** *Ricostruzione del Legamento Crociato Anteriore coi tendini del semitendinoso e gracile radoppiati: tecnica originale di tensionamento, fissazione ed avvolgimento dei fasci "Swing-Bridge" (Ponte Girevole)*. Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia 1997; 23: 433-442.
7. **Rudy RL.:** *Stifle joint In: Canine Surgery* , Archibald J (ed). Santa Barbara, CA: American Veterinary Publications, 1974 ,. 1104 – 1115
8. **Arnoczky SP, Marshall JL:** *The cruciate ligaments of the canine stifle : An anatomical and functional analysis*. Am J Vet Res 1977 ; 38 : 1807 - 1814
9. **Harari J:** *Caudal cruciate ligament injury* . Vet Clin North Am Small Anim Pract 1993; 23 : 821 – 829
10. **Heffron LE, Campbell JR:** *Morphology, histology and functional anatomy of the canine cranial cruciate ligament*. Vet Rec 1978 ; 102 : 280 – 283
11. **Vasseur PB :** *Stifle joint* . In: Slatter D: Textbook of Small Animal Surgery 2008: 1817-1867 .
12. **Paatsama S.** *Ligament injuries in the canine stifle joint: a clinical and experimental study*. Master's Thesis, Helsinki, Finland, 1952
13. **Whitehair JG, Vasseur PB, Willits NH:** *Epidemiology of cranial cruciate ligament rupture in dogs*. Journal of the American Veterinary Medical Association 1993; 203, 1016–9.

14. **Griffin DW, Vasseur PB.** *Synovial fluid analysis in dogs with cranial cruciate ligament rupture.* Journal of the American Animal Hospital Association 1992; 28:277–80.
15. **Wingfield C, Amis AA, Stead AC.** *Comparison of the biomechanical properties of Rottweiler and racing greyhound cranial cruciate ligaments.* J Small Anim Pract 2000; 41:303–7.
16. **Vasseur PB , Arnoczky SP .** *Collateral ligaments of the canine stifle joint: Anatomic and functional analysis.* Am J Vet Res 1981 ; 42 : 1133 – 1137
17. **Morris E, Lipowitz AJ.** *Comparison of tibial plateau angles in dogs with and without cranial cruciate ligament injuries.* Journal of the American Veterinary Medical Association 2001; 218:363–6.
18. **Read RA, Robins GM:** *Deformity of the proximal tibia in dogs.* Vet Rec 1982; 111:295-298.
19. **Niebauer GW, Menzel EJ:** *Immunological changes in canine cruciate ligament rupture.* Res Vet Science; 1982; 32:235-241
20. **Niebauer, G. W., Wolf, B., Bashey, R. I. and Newton, C. D. :** *Antibodies to canine collagen types I and II in dogs with spontaneous cruciate ligament rupture and osteoarthritis.* Arthritis & Rheumatism 1987; 30: 319–327
21. **Galloway RH, Lester SJ.** *Histopathological evaluation of canine stifle joint synovial membrane collected at the time of repair of cranial cruciate ligament rupture.* Journal of the American Animal Hospital Association 1995; 31, 289.
22. **de Rooster H1, Cox E, van Bree H.:** *Prevalence and relevance of antibodies to type-I and -II collagen in synovial fluid of dogs with cranial cruciate ligament damage.* Am J Vet Res. 2000 Nov;61(11):1456-61
23. **Widmer W.R., Buckwalter K.A., Braunstein E.M., Hill M.A., O'Connor B.L., Visco D.M.:** *Radiographic and magnetic resonance imaging of the stifle joint in experimental osteoarthritis of dogs.* Vet Radiol Ultrasound. (1994), 35 (5): 371-383
24. **Crovace A., Di Bello A., Meomartino L.:** *L'arto pelvico dei piccoli animali,* in **Bertoni, Brunetti, Pozzi:** "Radiologia Veterinaria", 1° ed., Idelson-Gnocchi: 143-190, 2005
25. **Gnudi G., Bertoni G.:** *Echographic examination of the stifle joint affected by cranial cruciate ligament rupture in the dog.* Vet Radiol Ultrasound. (2001), 42 (3): 266-70.

26. **Brunetti A, Petruzzi V.:** *L'apparato locomotore. Tecniche di studio e semeiologia radiologica*, in **Bertoni, Brunetti, Pozzi:** "Radiologia Veterinaria", 1° ed., Idelson-Gnocchi, (2005): 61-104.
27. **Kramer M., Stengel H., Gerwing M., Schimke E., Sheppard C.:** *Sonography of the canine stifle*. Vet Radiol Ultrasound. (1999), 40 (3): 282-293.
28. **Reed A.L., Payne J.T., Constantinescu G.M.:** *Ultrasonographic anatomy of the normal canine stifle*. Vet Radiol Ultrasound. (1995), 36 (4): 315-321
29. **Banfield C.M., Morrison W.B.:** *Magnetic Resonance arthrography of the canine stifle joint: technique and application in eleven military dogs*. Vet Radiol Ultrasound. (2000), 41 (2): 200-213.
30. **Samii V.F., Dyce J.:** *Computed Tomographic Arthrography of the normal canine stifle*. Vet. Radiol. Ultrasound. (2004), 45 (5): 402-406.
31. **Petersen CD, Miles JS, Sotomons C et al,** *Union between bone and implants of open pore ceramic and stainless steel: a histologic study*. J Bone Joint Surg. 1969
32. **Cameron HU, Pilliar RM, McNab I,** *The effect of movement on the bonding of porous metal to bone*. J Biomed Mater Res. 1973; 7(4) 301:11
33. **Bobyn JD, Pillar RM, Cameron HU, Weatherly GC, Kent GM,** *The effect of porous surface configuration on the tensile strength of fixation of implant by bone ingrowth*. Clin. Orthop. 1980, 291:298.
34. **Urban R, Jacobs J, Summer D, Peters C, Voss F, Galante J.** *The bone-implant interface of femoral stems with non circumferential porous coating – a study of specimens retrieved at autopsy*. J Bone Jt Surg Am 1996; 78:1068–1081.
35. **Thelen S, Barthelat F, Brinson LC.** *Mechanics considerations for microporous titanium as an orthopedic implant material*. J Biomed Mater Res 2004; 69A:601–610.
36. **Wen CE, Yamada Y, Shimojima K, Chino Y, Asahina T, Mabuchi M.** *Processing and mechanical properties of autogenous titanium implant materials*. J Mater Sci Mater Med 2002; 13:397–401.
37. **Wen CE, Yamada Y, Shimojima K, Chino Y, Hosokawa H, Mabuchi M.** *Novel titanium foam for bone tissue engineering*. J Mater Res 2002; 17:2633–2639.
38. **St-Pierre J-P, Gauthier M, Lefebvre L-P, Tabrizian M.** *Threedimensional growth of differentiating MC3T3-E1 preosteoblasts on porous titanium scaffolds*. Biomaterials 2005; 26:7319–7328

39. **Cachinho SCP, Correia RN.** *Titanium scaffolds for osteointegration: mechanical, in vitro and corrosion behaviour.* J Mater Sci Mater Med 2007; 19:451–457
40. **Li JP, Li SH, Van Blitterswijk CA, de Groot K.** *A novel porous Ti6Al4 V: characterization and cell attachment.* J Biomed Mater Res 2005; 73A:223–233.
41. **Sargeant TD, Guler MO, Oppenheimer SM, et al.** *Hybrid bone implants: self-assembly of peptide amphiphile nanofibers within porous titanium.* Biomaterials 2008; 29:161–171.