

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Facoltà di Medicina Veterinaria**

*Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute*

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN: SCIENZE VETERINARIE

INDIRIZZO: SCIENZE CLINICHE VETERINARIE

CICLO: XXIX

**OSTECTOMIA CUNEIFORME CRANIALE IN SOTTRAZIONE DELLA TIBIA  
PAREGGIATA (p-CCWO) PER IL TRATTAMENTO DELLA ROTTURA DEL  
LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE NEL CANE**

**Coordinatore:** Ch.mo Prof. Alessandro Zotti

**Supervisore:** Prof. Maurizio Isola

**Dottorando:** Tommaso Nicetto

Matricola: 1085698/MV



## ABSTRACT

La tecnica chirurgica Paired Cranial Closing Wedge Osteotomy (p-CCWO) vuole essere una proposta di modifica della tecnica *Cranial Closing Wedge Osteotomy* (CCWO) già descritta in letteratura per il trattamento della rottura del legamento crociato craniale nel cane. Oltre alla descrizione della metodica, al fine di evidenziare i punti di forza di questa modifica, verrà valutata la comparazione radiografica sia con la tecnica CCWO "standard" che con la modified-CCWO m-CCWO. Verrà inoltre proposto uno studio anatomico *ex-vivo* per valutare i reali vantaggi apportati dalla tecnica p-CCWO nei confronti di m-CCWO.

**Materiale e Metodi:** La tecnica p-CCWO è stata eseguita su preparati anatomici. L'area della sezione osteotomica risultante è stata misurata e comparata valutando la percentuale di sovrapposizione tra le due superfici di contatto.

Per lo studio radiografico retrospettivo sono state utilizzate radiografie di tibie nella proiezione medio-laterale con ginocchio e garretto flessi a 90°. Sulle radiografie sono state eseguite le seguenti misurazioni: inclinazione piatto tibiale (TPA), lunghezza della tibia (TL), larghezza della tibia (TW), altezza del cuneo d'osso (HBW) sulla corticale craniale della tibia eseguendo CCWO, m-CCWO e p-CCWO. Sono stati inoltre calcolati i seguenti parametri: rapporto larghezza/lunghezza della tibia (TW/TL), differenza tra HBW con CCWO e p-CCWO, differenza tra HBW con p-CCWO e con m-CCWO.

**Risultati:** Lo studio *ex-vivo* ha evidenziato una sovrapposizione dei monconi di osteotomia pari al 87.3%. Dallo studio retrospettivo radiografico risulta una significativa differenza tra l'ampiezza del cuneo rimosso con p-CCWO nei confronti del CCWO.

**Significato Clinico:** La tecnica p-CCWO, a nostro parere, offre a considerare due importanti vantaggi rispetto alla CCWO: la riduzione dell'ampiezza del cuneo rimosso che permette al chirurgo di ottenere un moncone di maggiori dimensioni utile per l'inserimento degli impianti e il minor accorciamento della tibia che consente di ridurre il rischio di complicazioni associate alla chirurgia.

Comparando p-CCWO con m-CCWO, la prima permette di ottenere una miglior giustapposizione dei monconi di osteotomia, aumentando così la stabilità dell'osteosintesi.

# INDICE:

INTRODUZIONE.....	4
<b>1 . ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE NEL CANE.....</b>	<b>6</b>
1.1 Anatomia e Funzione.....	6
1.2 Conseguenze della rottura del legamento crociato craniale.....	8
1.3 Biomeccanica del ginocchio.....	9
1.4 Eziopatogenesi.....	12
<b>2. DIAGNOSI.....</b>	<b>14</b>
2.1 Diagnosi clinica.....	14
2.2 Diagnosi radiografica.....	18
2.3 Diagnosi artroscopica.....	21
2.4 Diagnosi ecografica.....	22
2.5 Diagnosi – Tomografia Computerizzata.....	23
2.6 Diagnosi – Risonanza Magnetica.....	23
<b>3. TERAPIA.....</b>	<b>27</b>
3.1 Cranial Closing Wedge Osteotomy – CCWO.....	28
3.1.1 CCWO – Concetti applicativi.....	28
3.1.2 CCWO – Pianificazione.....	29
3.1.3 CCWO – Tecnica chirurgica.....	30
3.1.4 CCWO – Gestione del Postoperatorio.....	33
3.1.5 CCWO – Selezione del Paziente.....	33
3.1.6 CCWO – Complicazioni.....	41

<b>3.2 Modified-CCWO.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1 Modified-CCWO. Tecnica chirurgica.....</b>	<b>44</b>
<b>4. OSTECTOMIA CUNEIFORME CRANIALE IN SOTTRAZIONE PAREGGIATA (P-CCWO) PER IL TRATTAMENTO DELLA ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE NEL CANE.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Introduzione.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2 Materiale e Metodi.....</b>	<b>47</b>
4.2.1 Studio Anatomico.....	47
4.2.2 Studio Radiografico Retrospettivo.....	50
<b>4.3 Risultati.....</b>	<b>53</b>
4.3.1 Studio Anatomico.....	53
4.3.2 Studio Radiografico Retrospettivo.....	50
<b>4.4 Discussione.....</b>	<b>57</b>
<b>4.5 Conclusioni.....</b>	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>61</b>



## INTRODUZIONE

La rottura del legamento crociato craniale (RLCC) è la causa più frequente di zoppia a carico dell'arto posteriore nel cane (1). Nel 2003 è stato proposto uno studio per evidenziare il giro d'affari ricollegabile al trattamento medico e chirurgico della RLCC nel cane negli Stati Uniti (2). Il risultato pubblicato 2005 riportava un fatturato di 1,32 bilioni di dollari spesi negli USA nell'anno preso in esame. Risultato che inaspettatamente si avvicinava molto ai 2 bilioni di dollari impiegati dalla sanità per il trattamento della rottura del legamento crociato nell'uomo.

E' comprensibile che un tale impatto clinico ed economico abbia mosso negli anni, e continui ancor oggi a muovere, la ricerca verso una continua evoluzione delle terapie atte alla gestione di questa patologia, sia essa una terapia medica che chirurgica.

Le prime tecniche chirurgiche descritte per il trattamento della RLCC nel cane proponevano la sostituzione del legamento lesionato utilizzando materiale autologo mediante un accesso chirurgico intra-articolare. L'approccio intra-articolare derivava dall'esperienza acquisita in campo umano dove, ancor oggi, la ricostruzione del legamento con tessuti autologhi o protesi sintetiche intra-articolari risultano essere la terapia d'eccellenza. In medicina veterinaria queste tecniche di ricostruzione intra- o extra-articolari del legamento crociato non portarono a risultati clinici così soddisfacenti.

Negli anni '80 del secolo scorso, la comprensione della biomeccanica dell'articolazione del ginocchio nel cane, differente dalla specie umana, ha aperto gli studi verso un trattamento che tenesse conto della fase attiva del movimento. Ecco pertanto che viene a delinarsi come obiettivo di stabilizzazione del ginocchio non più la ricostruzione del legamento ma una "modifica" biomeccanica dell'articolazione femoro tibiale.

La prima tecnica di biomeccanica, "Cranial Tibial Wedge Osteotomy" (CTWO) descritta anche come "Cranial Closing Wedge Ostectomy" (CCWO) fu proposta

da Slocum e Devine nel 1984 (3). La tecnica chirurgica prevedeva di modificare l'inclinazione del piatto tibiale rispetto all'asse funzionale della tibia in modo da impedire biomeccanicamente, durante il movimento, lo scivolamento craniale della tibia nei confronti del femore in assenza dell'azione del legamento crociato.

Sulla base degli studi biomeccanici e di questo nuovo approccio, negli anni successivi, lo stesso Slocum propose un'altra tecnica chirurgica che sostituì, senza soppiantarla, la precedente e divenne così la terapia chirurgica d'elezione per il trattamento di questa patologia: Osteotomia Livellante del Piatto Tibiale ("Tibial Plateau Leveling Osteotomy" TPLO) (4).

Da qui negli anni vennero proposte altre tecniche che, con modalità differenti, si proponevano di ottenere il medesimo obiettivo di stabilizzazione biomeccanica del ginocchio (5-9).

Recentemente Wallace et al. hanno riproposto la tecnica CCWO modificandola in alcuni suoi aspetti e dandole quindi il nome di modified-Cranial Closing Wedge Osteotomy (m-CCWO) (10).

Obiettivo di questo studio è quello di descrivere e valutare un'ulteriore modifica della CCWO in grado, a nostro parere, di garantire una maggior stabilità meccanica degli impianti nel periodo post-operatorio riducendo pertanto le complicazioni dovute al cedimento dei dispositivi da osteosintesi utilizzati. Un secondo obiettivo è quello di minimizzare le alterazioni anatomiche intrinseche alla chirurgia originale come suggerito da Wallace con la m-CCWO.

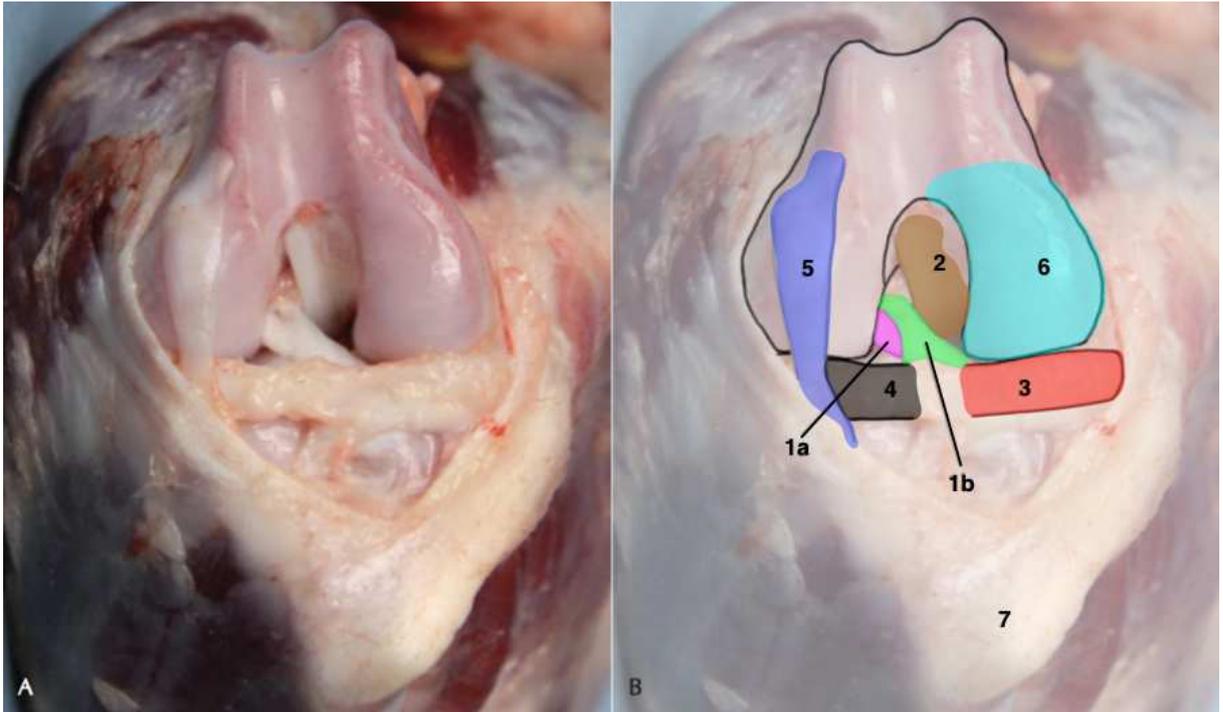
Uno studio prospettico *ex-vivo* permetterà di valutare il grado di giustapposizione dei monconi di osteotomia e di conseguenza la stabilità della riduzione dei monconi. Uno studio radiografico retrospettivo permetterà invece di confrontare le tre tecniche chirurgiche (CCWO, m-CCWO, P-CCWO) per quanto concerne le alterazioni anatomiche causate dalle differenti procedure. I dati raccolti per lo studio radiografico verranno inoltre utilizzati per fornire delle linee guide per la scelta dell'intervento chirurgico ottimale in base alle caratteristiche anatomiche valutabili radiograficamente.

# 1. ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE NEL CANE

## 1.1 ANATOMIA E FUNZIONE

Il legamento crociato craniale origina dal versante mediale del condilo laterale del femore, attraversa lo spazio articolare e termina cranialmente sul piatto tibiale nell'area intercondiloidea (11, 12). Il suo decorso è pertanto prossimo-distale, caudo-craniale e latero-mediale. Anatomicamente il legamento è caratterizzato da due branche, "branca cranio-mediale" e "branca cranio-laterale" (Fig. 1.1) disposte tra loro a spirale. Seppur collocate a qualche millimetro l'una dall'altra le due branche del legamento crociato craniale hanno funzioni differenti in quanto non lavorano in isometria (12). In particolare durante la flessione solo la branca cranio-mediale è in tensione mentre, in estensione, entrambe le componenti sono tese. (12-13).

Osservando il suo decorso e valutando il tensionamento e il rilassamento delle diverse componenti del legamento crociato in base ai differenti movimenti dell'articolazione del ginocchio è evidente che le funzioni principali sono di limitare o impedire lo scivolamento craniale della tibia rispetto al femore e contenere fenomeni di intrarotazione della tibia sul femore.



**Fig. 1.1 - Immagine fotografica dell'articolazione del ginocchio del cane in flessione (A). Nell'immagine (B) sono state messe in evidenza le diverse strutture anatomiche. 1a:** componente cranio-laterale del legamento crociato craniale; **1b:** componente cranio-mediale del legamento crociato craniale; **2:** legamento crociato caudale; **3:** menisco mediale; **4:** menisco laterale; **5:** tendine del muscolo estensore lungo delle dita; **6:** condilo omerale mediale; **7:** tuberosità tibiale.

*(Muir P. Advances in the canine cranial cruciate ligament. 2010).*

## 1.2 CONSEGUENZE DELLA ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE

Considerando la funzione del legamento crociato craniale si rende evidente che la prima diretta conseguenza di una sua rottura o lesione sarà la perdita di stabilità dell'articolazione in senso cranio caudale e rotazionale. Nello specifico la tibia non sarà limitata nella sua tendenza alla dislocazione craniale e all'intrarotazione rispetto al femore nella fase di appoggio, quindi con il ginocchio in estensione.

Questi movimenti sono controllati e limitati anche da altre strutture articolari (definite stabilizzatori secondari) come i menischi, i legamenti collaterali, la capsula articolare ed il tendine tibio-rotuleo. Le strutture secondarie, in caso di RLCC, vengono, di conseguenza stressate e possono andare incontro a lesioni concomitanti (14-16). L'instabilità articolare avvia un processo flogistico (sinovite) caratterizzato, in fase acuta, dalla presenza di infiltrato di cellule infiammatorie (leucociti T mononucleari) a livello della membrana sinoviale (17). Il processo è poi amplificato da citochine pro-infiammatorie prodotte dalla membrana sinoviale stessa (18-19). Dal punto di vista macroscopico l'infiammazione articolare è caratterizzata da un aumento della quantità del liquido sinoviale e dall'iperplasia e l'iperemia della membrana sinoviale. I processi instauratisi durante la fase infiammatoria acuta determinano, con il cronicizzarsi della sinovite, la progressione di fenomeni osteoartrosici e quindi lo stato infiammatorio evolve in uno stato degenerativo dell'articolazione (19-22).

Un'articolazione colpita da osteoartrosi subirà modificazioni strutturali a carico di tutte le componenti articolari che determineranno riduzione della mobilità (ROM - range of motion) e dolore per il paziente.

Considerata la causa scatenante è evidente che la terapia per limitare l'evoluzione degenerativa del ginocchio sarà una stabilizzazione dell'articolazione affetta da rottura del legamento crociato craniale.

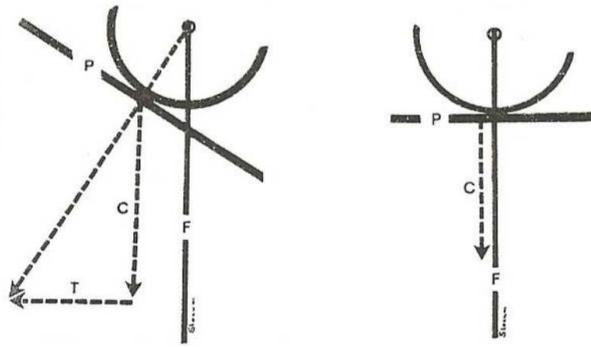
### 1.3 BIOMECCANICA DEL GINOCCHIO

La biomeccanica del ginocchio è complessa ed è il risultato del perfetto funzionamento di due articolazioni distinte: l'articolazione femoro-tibiale e l'articolazione femoro-rotulea. La prima controlla il carico dell'arto sia in stazione che in movimento; la seconda invece è implicata nel rendere efficiente il meccanismo estensorio del ginocchio (muscolo quadricipite).

I movimenti dell'articolazione femoro-tibiale sono di flessione-estensione sul piano sagittale e di intra- ed extra-rotazione della tibia sul femore sul piano trasverso. I legamenti crociati (craniale e caudale) e i legamenti collaterali (mediale e laterale) rappresentano gli stabilizzatori primari. In situazione dinamica fisiologica i legamenti non vengono sottoposti a trazioni o accorciamenti superiori al millimetro (disposizione isometrica). Questa considerazione, nelle teorie eziologiche meno recenti, riferiva la rottura del legamento crociato esclusivamente ad una lesione traumatica da stress di movimento.

Queste teorie non spiegavano però come potesse avvenire la RLCC in assenza di trauma e quindi durante la normale attività fisica del soggetto.

Il primo a parlare di biomeccanica del ginocchio intesa secondo un modello attivo fu Barclay Slocum nel 1983 (23). Le nuove teorie prendevano quindi in considerazione le forze generate dalla muscolatura dell'arto pelvico e la forza di carico (forza peso) come componenti attive della biomeccanica del ginocchio. Slocum individuò e descrisse la forza che determinava lo scivolamento craniale della tibia rispetto al femore durante la deambulazione e la denominò "*cranial tibial thrust*" (CTT) (Spinta Craniale della Tibia) (23). La forza che determina il CTT è conseguenza della conformazione del ginocchio nel cane. In particolare, il punto di contatto tra femore e tibia è posto cranialmente rispetto ad un asse passante per il centro dell'articolazione tibio-astragalica e per il centro del ginocchio (asse funzionale); il piatto tibiale è inclinato rispetto all'asse funzionale della tibia (Fig. 1.2).



**Fig. 1.2** - Il piatto tibiale (P) risulta inclinato rispetto all'asse funzionale della tibia (F). Il punto di contatto tra femore e tibia risulta spostato cranialmente rispetto a F. Il risultato di questo modello è una forza che si esprime a livello del punto di contatto tra femore e tibia che può essere scomposta in due componenti vettoriali. Il vettore C che rappresenta la forza di reazione proveniente dal terreno come risposta alla forza peso. Il vettore T è invece la forza che determina il CTT. Se il piatto tibiale fosse perpendicolare all'asse funzionale e se il punto di contatto tra femore e tibia fosse lungo lo stesso asse la forza T risulterebbe nulla. (Slocum B., Devine T.: Cranial Tibial Thrust: a primary force in the canine stifle. *J Am Vet Med Assoc* 1983; 183: 456-459.)

Prendendo in considerazione non solo l'articolazione del ginocchio, ma tutte le strutture muscolari, tendinee e legamentose responsabili del movimento dell'arto pelvico si rende evidente che l'equilibrio statico e dinamico dell'articolazione è complesso. Il ginocchio mantiene un angolo costante durante la fase di appoggio se la risultante dei momenti delle forze di flessione-estensione a livello del centro di rotazione dell'articolazione risulterà pari a zero. In particolare: il momento estensorio è dato dalla trazione del quadricipite e dal muscolo estensore delle dita; il momento flessorio è dato invece dalla trazione del muscolo bicipite femorale, del pes anserinus, del muscolo gastrocnemio e del muscolo flessore superficiale delle dita.

Il CTT (scivolamento craniale della tibia sul femore) è generato dalla forza di compressione sulla tibia determinata dall'estensione dell'arto (ginocchio e del garretto) e dalla forza di carico. Se queste forze sono esercitate lungo lo stesso asse risulteranno in equilibrio. Poiché il punto di contatto tra femore e tibia è situato cranialmente all'asse funzionale, sono necessarie altre forze (legamento crociato craniale e corno caudale del menisco mediale) per contenere il CTT.

La forza che genera il CTT è direttamente proporzionale alla forza di compressione tibiale ma anche dal rapporto tra i condili femorali e il piatto tibiale e quindi all'inclinazione del piatto tibiale.

Questo approccio alla patologia nei confronti di un esame della biomeccanica del movimento aprì la strada verso un nuovo concetto di trattamento chirurgico di stabilizzazione del ginocchio nei confronti delle tecniche precedenti che prevedevano la sostituzione/ricostruzione del legamento crociato con materiale autologo o sintetico. Ad oggi quindi parliamo di tecniche chirurgiche biomeccaniche che sono mirate ad una stabilizzazione del ginocchio nella fase attiva del movimento mediante osteotomie correttive.

## 1.4 EZIOPATOGENESI DELLA ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO CRANIALE

Molti sono gli studi che sono stati svolti nella ricerca dell'eziopatogenesi della rottura del legamento crociato craniale (24). Ipotesi eziopatogenetiche meno recenti vedevano l'evento traumatico come causa primaria della rottura del legamento crociato craniale nel cane. Ipotesi successivamente smentita da studi che associavano la RLCC ad un evento traumatico solo nel 20% dei casi (24).

Ulteriori studi hanno poi permesso di individuare un legame tra razza e predisposizione alla rottura del legamento crociato craniale identificando labrador, rottweiler e terranova tra le razze maggiormente colpite da questa patologia. Il legame tra razza e predisposizione alla RLCC ha indotto a sospettare un'influenza genetica, poi smentita da studi più specifici (24).

Teoria decisamente più appropriata e ormai avvalorata è la correlazione tra la RLCC e la conformazione scheletrica dell'arto posteriore del paziente. Ecco pertanto che sembra che i soggetti più colpiti siano cani con *genu varum* (*ginocchio varo*) e iperestensione dei garretti (24). Queste alterazioni scheletriche determinano, durante la fase attiva del movimento, uno stress maggiore per il legamento per la tendenza della tibia all'intrarotazione rispetto al femore. Le razze soprannominate come le più colpite da RLCC sono anche quelle molto spesso caratterizzate da *genu varum* e da iperestensione del garretto.

Infine un'ulteriore punto di discussione nella letteratura scientifica riguarda il rapporto causa-effetto tra la RLCC e la sinovite (19, 22). Inizialmente la rottura del legamento era ricollegata alle alterazioni evidenziabili con la diagnostica collaterale compatibili con un processo infiammatorio articolare.

Studi più recenti hanno messo in evidenza la presenza di infiammazione sinoviale indipendentemente dalla presenza di lesioni a carico del legamento

crociato o delle altre strutture anatomiche deputate al mantenimento della stabilità articolare (19, 22).

Nello stesso studio si mette in evidenza come il grado di sinovite diagnosticato in articolazioni sane sia sovrapponibile a quello riscontrato in corso di rottura del legamento crociato craniale (19). Questi risultati offrono a considerare una variazione nei rapporti causa-effetto degli eventi trattati finora. Pertanto è possibile quantomeno ipotizzare che la sinovite non sia necessariamente una conseguenza dell'instabilità articolare ma la causa primaria dell'indebolimento del legamento crociato, degenerazione della matrice extracellulare, che lo porta poi alla rottura. Tale teoria viene avvalorata nella pratica clinica e supportata da studi che dimostrano una rottura del LCC controlaterale entro i 10 mesi nel 48% dei pazienti (25).

## **2. DIAGNOSI**

La diagnosi di incompetenza o rottura del legamento crociato craniale è una diagnosi clinica sebbene in alcuni casi possa essere coadiuvata da esami collaterali. In particolare la risonanza magnetica in alcuni casi conferma un sospetto diagnostico clinico e fornisce informazioni aggiuntive sullo stato articolare generale (menischi, legamenti articolari e cartilagine).

### **2.1 DIAGNOSI CLINICA**

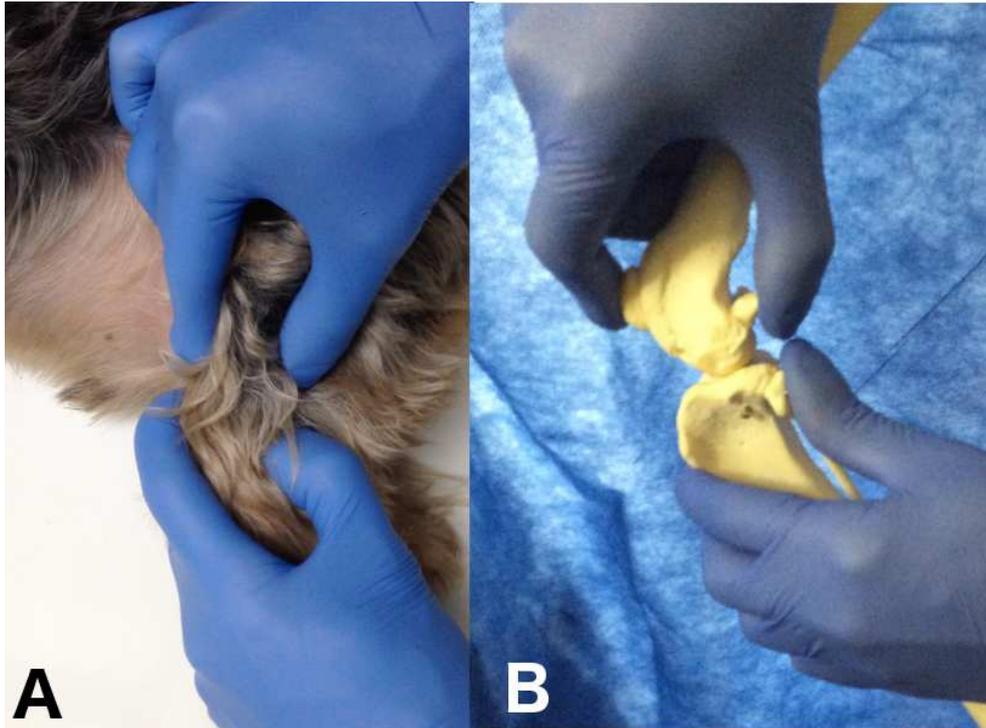
Generalmente il paziente viene condotto in visita per una zoppia posteriore monolaterale ad insorgenza improvvisa e decorso cronico. Il proprietario solitamente riconduce l'inizio della zoppia ad un evento traumatico avvenuto durante la normale attività fisica del soggetto. Ad una più attenta anamnesi spesso il proprietario riferisce di altri episodi di lievi e di momentanee zoppie notate nel passato recente rispetto alla visita (26, 27). L'osservazione del soggetto durante la fase anamnestica può fornire indicazioni su posizioni antalgiche assunte dal paziente. Per esempio, in stazione, normalmente il soggetto tende ad appoggiare l'arto affetto "in punta" scaricando il peso e, nella fase di seduta, non flette completamente il ginocchio lasciando l'arto in semiflessione ("sit test" positivo).

Alla visita clinica il paziente presenta una zoppia di grado II/III (su IV). In casi acuti o complicati da distrazione articolare si può osservare una zoppia di IV grado con mancato appoggio dell'arto.

La palpazione dell'arto, nei casi inveterati, permette di apprezzare una ipomiotrofia dei muscoli della coscia; ectasia dei fondi ciechi articolari del ginocchio associato a dolore ai movimenti passivi di flesso estensione (28). Sempre in casi cronici si può rilevare rumore di "crepitio" articolare sintomo di evoluzione osteoartrosica.

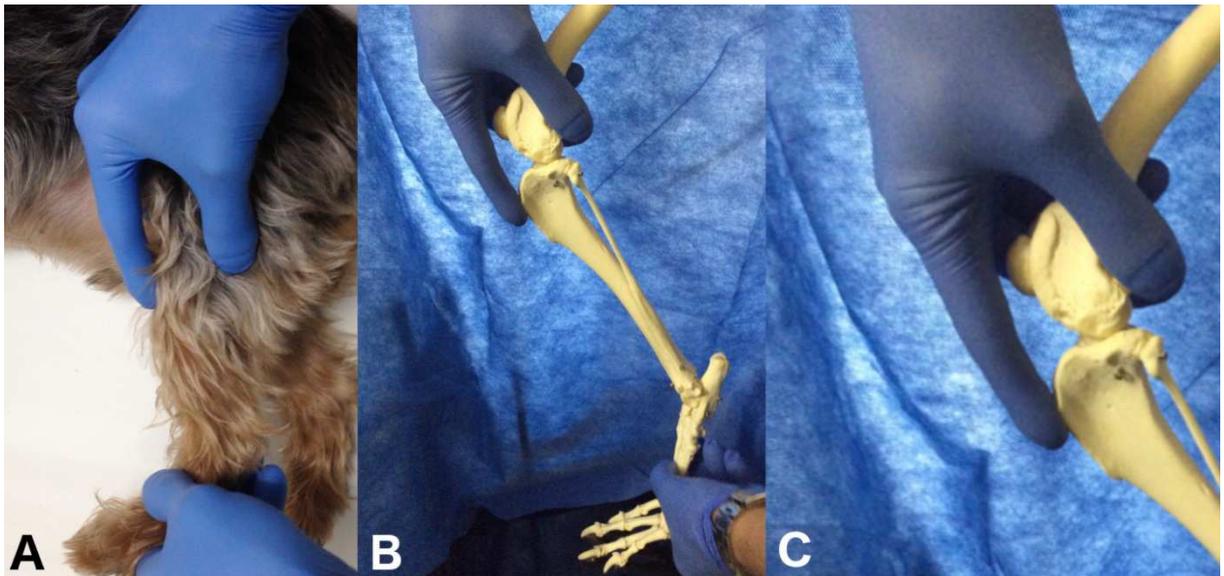
I test clinici specifici per la valutazione dell'integrità del legamento crociato craniale sono: "test del cassetto craniale", test passivo e "test di compressione tibiale" (CTT) che invece è un test attivo.

Il *test del cassetto* viene eseguito con il cane in decubito laterale con l'arto sano appoggiato al tavolo. E' importante identificare le prominenze ossee (punti di repere articolari), circostanti l'articolazione del ginocchio. Con una mano si afferra la tibia posizionando il pollice sulla testa della fibula e l'indice sulla sommità della tuberosità tibiale; l'altra mano afferra invece il femore con il pollice in prossimità della fabella laterale e l'indice sulla rotula (Fig. 2.1). A questo punto, tenendo fermo il femore, si spinge la tibia in direzione craniale. La presenza di scivolamento della tibia nei confronti del femore testimonia la rottura del legamento crociato (26). In particolare il suddetto movimento deve essere eseguito sia in flessione che in estensione in quanto può fornire indicazioni su una rottura totale o parziale del legamento stesso. Se presente solo in flessione e non in estensione potremmo emettere diagnosi di rottura parziale: rottura di una sola delle due branche.



**Fig. 2.1 - Immagine fotografica dell'esecuzione del test del cassetto nel cane. Test eseguito al paziente (A). Test eseguito su modello anatomico (B). Mano destra con pollice in corrispondenza della fabella femorale e indice sulla rotula. Mano sinistra con pollice sulla testa della fibula e indice sulla tuberosità tibiale.**

Il test di compressione tibiale viene eseguito con il paziente posizionato nello stesso decubito. Con una mano si afferra il ginocchio con pollice sulla fabella laterale, dito medio sulla fabella mediale e indice sulla cresta tibiale. La seconda mano afferra invece la regione plantare e, contrastando la flessione del ginocchio, si tende a flettere il garretto simulando l'azione attiva del passo (Fig. 2.2). Così facendo il tendine d'Achille mette in tensione il muscolo gastrocnemio che eserciterà una trazione caudo-distale sul femore provocando o meno uno scivolamento craniale della tibia sul femore. La positività a questo test indica l'incompetenza del legamento crociato nell'opporci alla dislocazione craniale della tibia rispetto al femore (26).



**Fig. 2.2 - Immagine fotografica dell'esecuzione del test di compressione tibiale nel cane. Test eseguito al paziente (A). Test eseguito su modello anatomico (B). Particolare del ginocchio (C). Mano destra con pollice in corrispondenza della fabella femorale e indice sulla tuberosità tibiale e medio sulla fabella mediale. Mano sinistra che afferra il piede e compie movimenti di flessione-estensione del garretto.**

E' altresì vero che nei pazienti adulti con rottura cronica del legamento crociato craniale i due test possono risultare meno marcatamente positivi. Questo perché le alterazioni articolari conseguenti all'instabilità ed in particolar modo l'ispessimento della capsula articolare e la fibrosi periarticolare compensano parzialmente l'instabilità articolare (26).

In caso di rottura parziale del legamento crociato craniale i test sopradescritti possono risultare negativi o parzialmente positivi quindi la diagnosi risulta essere più complessa e in alcuni casi richiede l'esecuzione di esami collaterali.

## 2.2 DIAGNOSI RADIOGRAFICA

Lo studio radiografico del ginocchio viene eseguito secondo le proiezioni ortogonali: medio-laterale con ginocchio e garretto flessi a 90° (Fig. 2.3) e postero anteriore con margine mediale del calcaneo che taglia la coclea tibiale al centro.



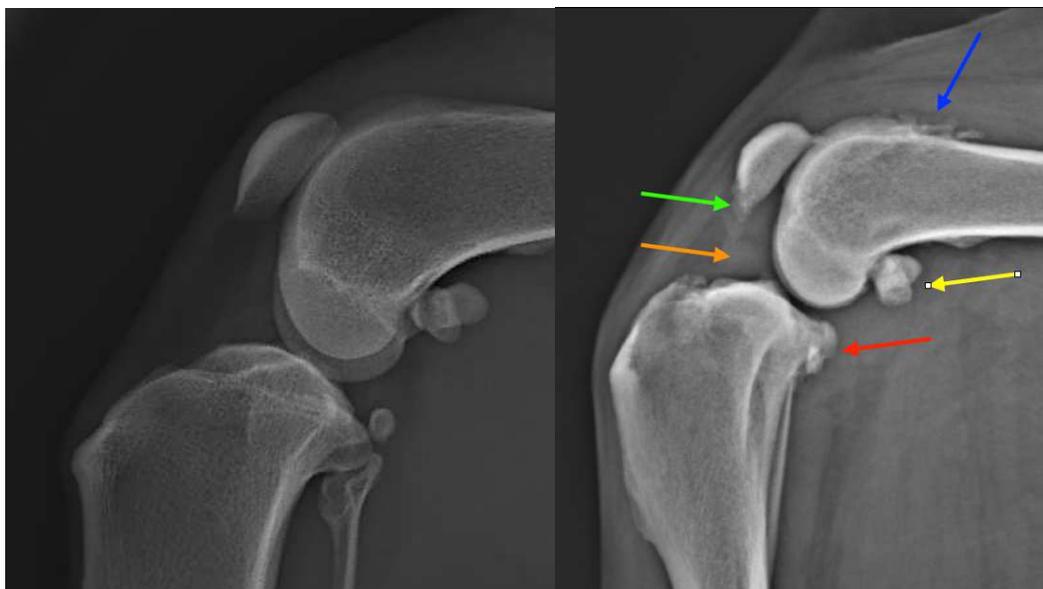
**Fig. 2.3 - Immagine radiografica della tibia nella proiezione medio-laterale con ginocchio e garretto a 90° di flessione (a sinistra) e postero-anteriore (a destra).**

I reperti radiografici riscontrabili, non sono patognomonici di rottura, ma sono indicativi di flogosi articolare e fenomeni degenerativi correlabili all'instabilità.

Il quadro flogistico viene evidenziato dal "segno del grasso infrapatellare", aumento della radiopacità osservabile caudalmente al tendine rotuleo nello spazio articolare a forma di triangolo (Fig. 2.4) (28, 29).

I segni radiografici più tardivi e quindi indicativi di patologia cronica sono associati a fenomeni osteoartrosici. L'osteoartrite è rilevabile radiograficamente per la presenza di osteofiti in corrispondenza dell'apice della rotula, delle

fabelle, dei margini craniale e caudale del piatto tibiale e osteofiti peritrocleari (29) (Fig. 2.5).



**Fig. 2.5 - Immagine radiografica di un ginocchio di un cane sano (a sinistra) e affetto da rottura del legamento crociato craniale (a destra) nella proiezione medio-laterale.** Segno del grasso infrapatellare (freccia arancione), osteofiti sull'apice della rotula (freccia verde), osteofiti peritrocleari (freccia blu), osteofiti in corrispondenza delle fabelle (freccia gialla) e osteofiti in corrispondenza del margine caudale del piatto tibiale (freccia rossa).

Lo studio radiografico completo per la diagnosi di RLCC prevede l'esecuzione della radiografia del ginocchio in proiezione medio-laterale neutra come descritto precedentemente e della stessa immagine radiografica scattata in stress, eseguendo il test di compressione tibiale (29, 30). In questo modo è possibile constatare radiograficamente lo spostamento della tibia rispetto al femore (Fig. 2.6). Lo studio radiografico in compressione si è dimostrato essere un test con altissima sensibilità e specificità per la diagnosi di rottura del legamento crociato craniale completa o parziale (30).



**Fig. 2.6 - Immagine radiografica della tibia nella proiezione medio-laterale neutra (A) e nella stessa proiezione eseguendo il test di compressione tibiale (B).** Confrontando le due immagini è evidente lo scivolamento craniale della tibia rispetto al femore provocato dal test di compressione tibiale.

## 2.3 DIAGNOSI ARTROSCOPICA

L'artroscopia risulta sicuramente un ottimo strumento per la valutazione di un'articolazione in quanto permette di osservare direttamente e visivamente le diverse strutture articolari senza dover interpretare delle immagini (radiografia, tomografia computerizzata, risonanza magnetica) (31-33).

L'articolazione del ginocchio, più di altre, è composta da diversi elementi facenti parte dei tessuti molli, quindi non valutabili radiograficamente (34). Nei pazienti affetti da rottura del legamento crociato anteriore non è da escludere una concomitante lesione delle altre strutture intra-articolari (35-36). Queste lesioni secondarie possono essere provocate dallo stesso trauma esitato nella rottura del legamento crociato o da microtraumi ripetuti dovuti a movimenti non corretti determinati dall'instabilità articolare. La conoscenza di lesioni concomitanti permette al chirurgo di modificare la pianificazione dell'intervento chirurgico in modo da poter trattare le diverse lesioni durante la stessa chirurgia. Nello specifico, le lesioni più frequentemente riscontrabili in caso di RLCC sono a carico dei menischi.

La visualizzazione intra-articolare mediante artroscopia può essere molto efficace anche in caso di lesioni parziali del legamento crociato. In questi casi non sempre la diagnosi clinica risulta immediata, i test del cassetto e di compressione tibiale, così come la radiografia in compressione, possono risultare dubbi.

Un ulteriore punto di forza dell'artroscopia è la possibilità di tramutare una procedura diagnostica in terapeutica, trattando artroscopicamente lesioni meniscali, rotture del legamento crociato e lesioni cartilaginee (36, 37).

Il limite dell'artroscopia sta nel fatto che, rispetto alla diagnostica per immagini, prevede, per quanto di ridotte dimensioni, degli accessi chirurgici con tutti i rischi e le complicanze ad essi connessi e un piano anestesiológico più profondo.

Per questi motivi l'artroscopia viene utilizzata o per il trattamento di lesioni cartilaginee o meniscali primarie oppure per una valutazione pre-chirurgica dell'articolazione in caso si tratti chirurgicamente la RLCC (37).

## **2.4 DIAGNOSI ECOGRAFICA**

L'esame ecografico del ginocchio è comunemente utilizzato in medicina umana per la diagnosi di lesioni a carico dei tessuti molli intra- e peri-articolari (38). L'ecografia è un esame non invasivo, di rapida esecuzione, poco dispendioso e che nella maggioranza dei casi non necessita di sedazioni o anestesi. Per questi motivi sta prendendo piede anche in medicina veterinaria per la valutazione dell'articolazione del ginocchio (38- 41). Le strutture anatomiche valutabili con l'esame ecografico sono i legamenti collaterali mediale e laterale, il tendine tibio-rotuleo, il tendine dell'estensore lungo delle dita e la cartilagine articolare. Per quanto riguarda i legamenti crociati l'esame diviene più difficoltoso e si può incorrere in una diagnosi non così precisa (40). I legamenti crociati risultano essere molto profondi all'interno dell'articolazione ed inoltre, essendo intrecciati tra loro, possono alterare la qualità delle immagini ecografiche (38, 40). Il legamento crociato craniale offre però una sua porzione raggiungibile ecograficamente nella sua inserzione distale sulla tibia. Rotture da avulsione in questa sede sono ben diagnosticabili ecograficamente.

## **2.5 DIAGNOSI - TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA**

L'esame tomografico (CT), rispetto alla radiografia convenzionale, permette di bypassare errori diagnostici dovuti a sovrapposizioni di strutture ossee che sull'immagine radiografica vengono sovrapposte tutte su un unico piano.

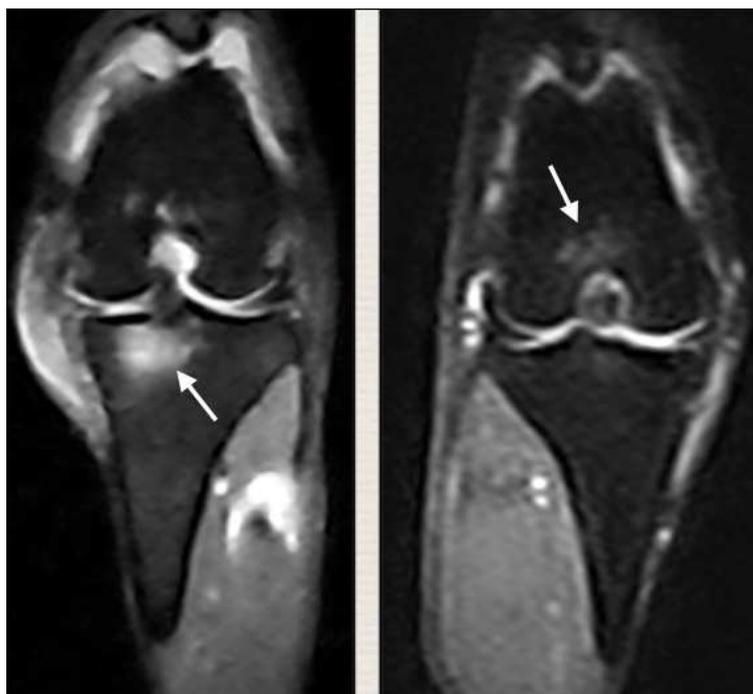
E' altresì vero che risulta essere un esame più specifico per la valutazione di tessuti ossei o calcificati rispetto alla valutazione dei tessuti molli.

In corso di RLCC la CT può risultare un efficace esame collaterale in caso di:

- rottura da avulsione del legamento crociato,
- concomitanti rotture da avulsione dei legamenti collaterali,
- proliferazioni osteoartrosiche conseguenti alla RLCC
- concomitanti lesioni neoplastiche
- mineralizzazioni meniscali o legamentose (42).

## **2.6 DIAGNOSI - RISONANZA MAGNETICA**

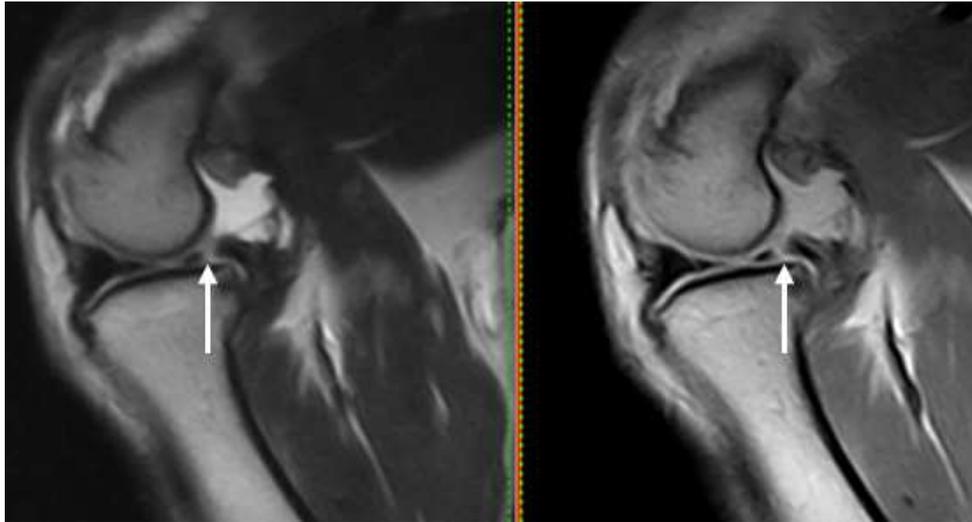
La risonanza magnetica è l'esame più completo per la valutazione dell'articolazione del ginocchio in quanto permette la visualizzazione e la valutazione sia dei tessuti duri che dei tessuti molli (43). Per quanto riguarda la valutazione dell'osso, la risonanza magnetica è in grado di evidenziare lesioni subcondrali e alterazioni ossee in corrispondenza dell'inserzione di un legamento. Eseguendo una risonanza magnetica ad un paziente con una lesione del legamento crociato si può notare un'alterazione dell'intensità del segnale dell'osso sottocorticale (iperintensità sottocorticale) in corrispondenza della sua inserzione sul femore o sulla tibia (Fig. 2.7) (43-47).



**Fig. 2.7 - Immagini di risonanza magnetica STIR dorsali.** Le frecce bianche evidenziano aree iperintense sottocorticali definite "Bone Bruise".

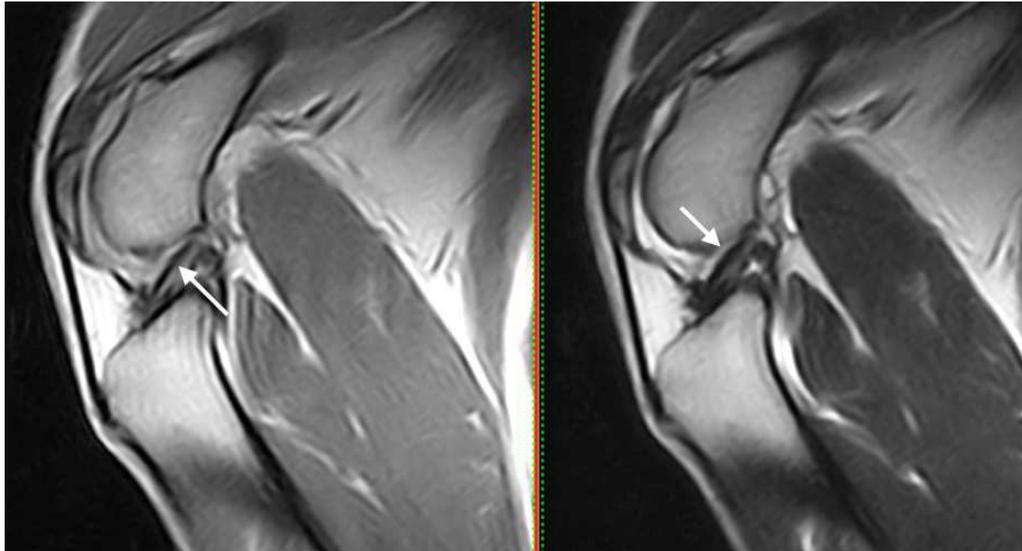
Come precedentemente descritto la patologia di rottura o lesione del legamento crociato craniale è associata a fenomeni riconducibili ad una sinovite, sia essa da considerarsi causa o conseguenza della RLCC stessa. La risonanza magnetica è in grado di evidenziare tutte le alterazioni riconducibili ad una sinovite come l'aumento del liquido sinoviale, l'ispessimento della capsula articolare e la presenza di osteofiti (48).

Per quanto concerne invece la valutazione dei menischi, è stata proposta una classificazione delle lesioni meniscali mediante diagnosi con risonanza magnetica (49,50). Gli studi riportati in letteratura dimostrano che il menisco, grazie alle sue caratteristiche strutturali, è una struttura ben valutabile in risonanza magnetica, per mezzo della quale è possibile evidenziare diverse tipologie di lesione (Fig. 2.8).

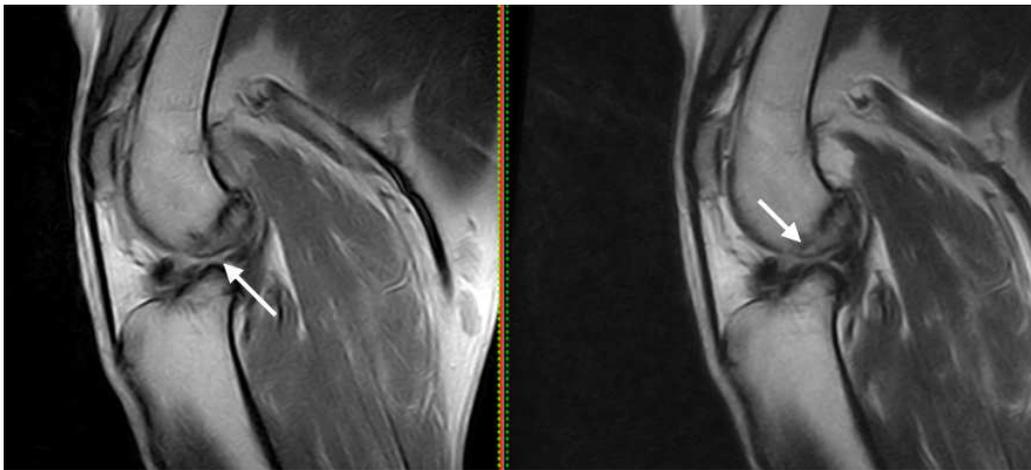


**Fig. 2.8 - Immagine di risonanza magnetica T2 (a sinistra) e T1 (a destra) sagittali.** Lesione di tipo III a carico del corno caudale del menisco mediale.

La risonanza magnetica consente inoltre di analizzare tendini e legamenti valutandone la struttura e seguendone il normale decorso dal punto di inserzione iniziale a quello terminale. E' possibile inoltre posizionare il paziente durante l'esecuzione dell'esame in modo tale da creare una compressione come è stato descritto precedentemente per il test di compressione tibiale e per la radiografia in compressione. In questo modo, se integro, il legamento crociato verrà messo in tensione e sarà più agevole seguirne il decorso e individuare eventuali lesioni (Fig. 2.9, 2.10).



**Fig. 2.9 - Immagine di risonanza magnetica T1 (a sinistra) e T2 (a destra) sagittali. Legamento crociato craniale normale.**



**Fig. 2.10 - Immagine di risonanza magnetica T1 (a sinistra) e T2 (a destra) sagittali. Legamento crociato craniale lesionato.**

La risonanza magnetica, rispetto ad altre tecniche diagnostiche (come ad esempio l'artroscopia), ha il vantaggio di non essere una procedura invasiva per il paziente. Per contro però risulta essere un esame collaterale costoso per il proprietario e che richiede un'anestesia profonda per un tempo non così breve come per altre procedure (Rx, CT, ecografia).

### 3. TERAPIA

La rottura del legamento crociato craniale rappresenta una delle più frequenti cause di zoppia nell'arto posteriore nel cane. Per questo motivo nel corso degli ultimi decenni è uno degli argomenti più trattati nella letteratura scientifica e sono state proposte numerose e differenti tecniche per la gestione chirurgica di questa patologia.

Le tecniche chirurgiche descritte possono essere suddivise in due gruppi principali: intra-articolari ed extra-articolari (29).

Tra le tecniche chirurgiche intra-articolari ricordiamo: Paatsama, Over-the-top, Under-and-over, e combinazioni di queste (tecnica Four-in-one over-the-top) (29, 51-53).

Le tecniche extra-articolari possono essere suddivise ulteriormente in due sottogruppi. Il primo gruppo comprende tutti quegli interventi chirurgici che raggiungono l'obiettivo di stabilizzare l'articolazione mediante l'utilizzo di suture con materiali sintetici che mettono in connessione il femore con la tibia, mimando la direzione del legamento e di conseguenza la sua funzione. Tra queste ricordiamo: embricazione del retinacolo laterale, embricazione del retinacolo modificata e trasposizione (cranializzazione) della testa della fibula (29, 53).

Il secondo gruppo comprende le osteotomie e ostectomie correttive che mirano a modificare la biomeccanica del ginocchio in modo da stabilizzare indirettamente l'articolazione rendendo così il legamento crociato non più necessario (9).

Tra queste citiamo: CCWO (Cranial Closing Wedge Osteotomy – Osteotomia Cuneiforme Craniale in Sottrazione) descritta anche come CTWO (Cranial Tibial Wedge Osteotomy – Osteotomia cuneiforme tibiale craniale) (54), TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy - Osteotomia Livellante del Piatto Tibiale) (4), PTIO (Proximal Tibial Intraarticular Osteotomy – Osteotomia Tibiale Proximale Intra-articolare) (55), TTO (Triple Tibial Osteotomy – Tripla Osteotomia Tibiale) (56) e

TTA (Tibial Tuberosity Advancement – Avanzamento della Tuberosità Tibiale) (57).

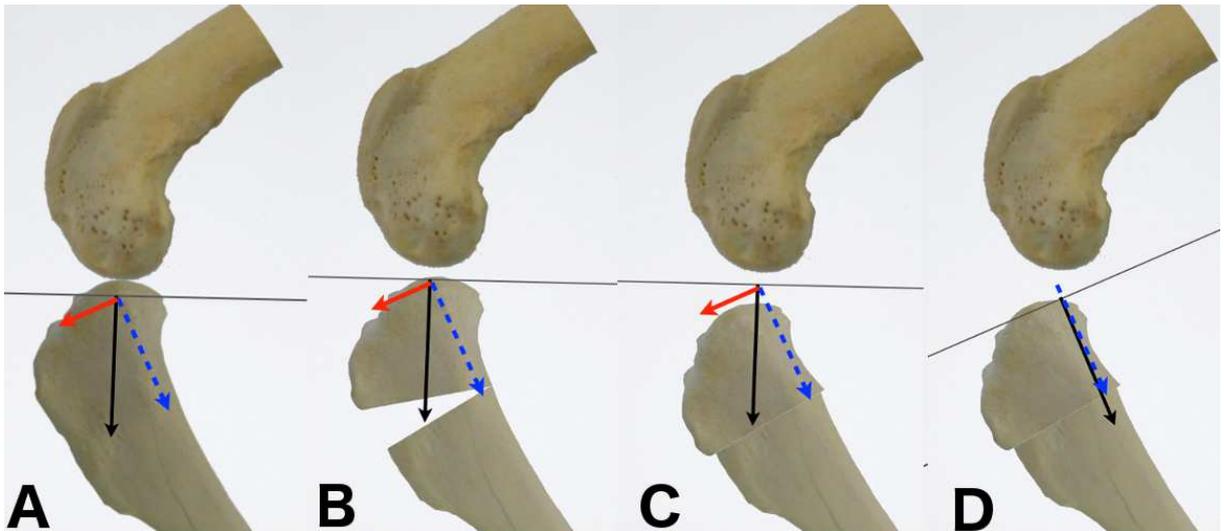
In questo lavoro prenderemo in considerazione solo quest'ultimo gruppo di tecniche chirurgiche in quanto l'obiettivo del nostro studio è quello di proporre, descrivere ed analizzare una modifica ad una di queste chirurgie già descritte.

### **3.1 Cranial Closing Wedge Osteotomy - CCWO**

L'intervento di CCWO è un'osteotomia correttiva della tibia prossimale con riallineamento del piatto tibiale rispetto al suo asse funzionale. Detta tecnica rappresenta e racchiude in se i concetti base sui quali si sono sviluppate tutte le successive tecniche chirurgiche biomeccaniche.

#### **3.1.1 CCWO – Concetti applicativi**

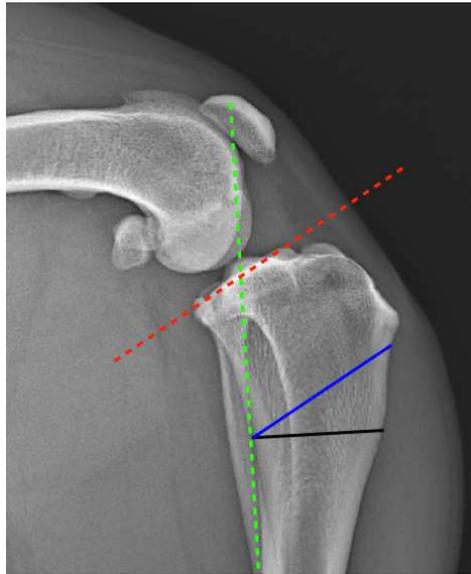
La tecnica CCWO prevede l'esecuzione di un'osteotomia cuneiforme craniale in sottrazione della tibia in modo da ridurre l'inclinazione del piatto tibiale rispetto all'asse funzionale della tibia. L'intuizione di Slocum fu quella di capire che, portando vicino alla perpendicolarità il piatto tibiale e l'asse meccanico, la componente vettoriale della forza peso responsabile della traslazione craniale della tibia rispetto al femore si annullava (Fig. 3.1).



**Fig. 3.1 - Rappresentazione grafica dell'effetto della chirurgia CCWO sulle forze che determinano la biomeccanica del ginocchio.** La forza peso dovuta al carico (freccia nera) può essere scomposta nelle sue due componenti vettoriali. La freccia tratteggiata di colore blu rappresenta la componente della forza peso che si distribuisce lungo la tibia e che è responsabile del movimento dell'arto. La freccia rossa indica la componente vettoriale della forza peso che determina lo scivolamento craniale della tibia sul femore durante la deambulazione (A). Rappresentazione grafica del cuneo d'osso rimosso durante l'intervento di CCWO (B). Riduzione dell'osteotomia dopo la rimozione del cuneo d'osso (C). Dopo la chirurgia la forza peso si distribuisce lungo la tibia e la componente vettoriale responsabile dello scivolamento craniale della tibia risulta annullata (D).

### 3.1.2 CCWO – Pianificazione

Il planning radiografico per la CCWO viene eseguito sulla proiezione medio-laterale della tibia con ginocchio e garretto a 90°. L'inclinazione del piatto tibiale (TPA) viene misurata calcolando l'angolo tra l'asse meccanico ed una linea passante per il margine craniale e caudale del piatto tibiale mediale (58). Viene tracciata una linea corrispondente all'osteotomia prossimale con inclinazione pari al TPA e una distanza dalla tuberosità tibiale adeguata. L'osteotomia distale è perpendicolare all'asse meccanico della tibia e interseca l'osteotomia prossimale in corrispondenza della corticale caudale della tibia. Il risultato del planning è un cuneo con base sulla corticale craniale della tibia e apice su quella caudale (Fig. 3.2).



**Fig. 3.2 - Immagine radiografica della tibia nella proiezione medio-laterale.** Planning preoperatorio CCWO: asse meccanico della tibia (linea verde tratteggiata), piatto tibiale (linea rossa tratteggiata), osteotomia prossimale (linea blu), osteotomia distale (linea nera).

### 3.1.3 CCWO - Tecnica Chirurgica

L'intervento prevede un accesso chirurgico mediale alla tibia prossimale dall'apice delle rotula al limite distale della cresta tibiale. L'accesso chirurgico comprende, oltre alla scontinuatione dei piani superficiali anche la disinserzione del *pes anserinus* (inserzione muscolare sulla tibia prossimale di *mm gracile*, *mm sartorio*, *mm semitendinoso*). Eseguito l'accesso chirurgico è possibile visionare il menisco mediale ed eseguire, se necessario, il rilascio del menisco.

Per ridurre la possibilità di creare dei malallineamenti iatrogeni durante la chirurgia è possibile utilizzare il Jig, che non è altro che uno strumento in grado di mantenere in allineamento i monconi ossei creati dall'ostectomia fino alla loro riduzione e stabilizzazione mediante impianto. Il Jig vincola due chiodi di Kirschner (di diametro proporzionato alle dimensioni dell'osso del paziente) inseriti uno distalmente e perpendicolarmente alla superficie mediale del piatto

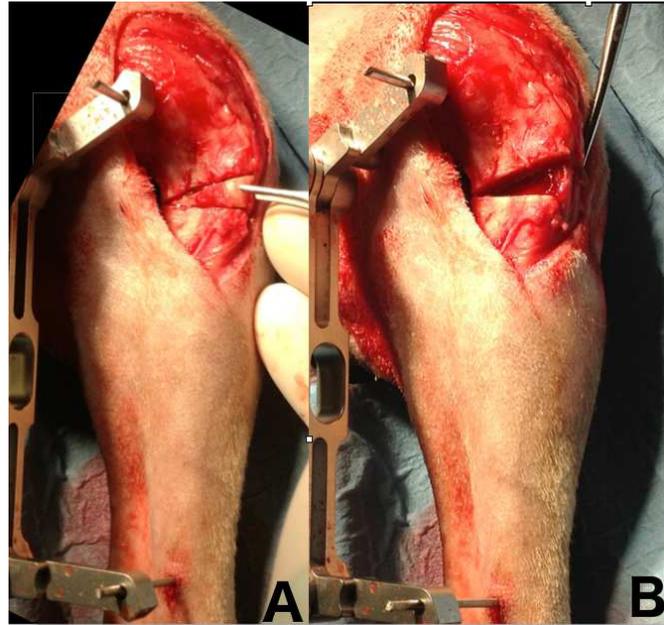
tibiale e uno sul terzo distale della diafisi tibiale mediale parallelo al primo (Fig. 3.3).



**Fig. 3.3 - Immagine fotografica intraoperatoria raffigurante il posizionamento del Jig.**

Eseguito l'accesso chirurgico è possibile riportare le misurazioni ottenute dal planning radiografico sulla superficie prossimale della tibia prossimale e più precisamente si misura la distanza dalla tuberosità tibiale dell'osteotomia prossimale e la distanza sulla corticale craniale tra l'osteotomia prossimale e quella distale (ampiezza del cuneo).

Tecnicamente la CCWO prevede quindi l'esecuzione di un'osteotomia cuneiforme in sottrazione con base sulla corticale craniale della tibia e apice su quella caudale. L'osteotomia viene eseguita mediante l'utilizzo di una sega retta oscillante (Fig. 3.4).



**Fig. 3.4 - Immagine fotografica intraoperatoria.** Esecuzione delle due osteotomie (A) e rimozione del cuneo d'osso (B).

Eliminato il cuneo d'osso i due monconi vengono ridotti in compressione (Fig. 3.5) e stabilizzati mediante l'applicazione di un impianto da osteosintesi (Fig. 3.6). Si procede infine con la ricostruzione e sutura dei piani tissutali scontinuati. La tecnica chirurgica, se eseguita correttamente, permette di annullare il CTT nell'immediato postoperatorio e quindi è possibile verificare la riuscita dell'intervento chirurgico eseguendo il test di compressione tibiale in sede chirurgica.



**Fig. 3.5 - Immagine fotografica intraoperatoria.** Compressione dei monconi di osteotomia mediante pinza da presa appuntita.



**Fig. 3.6 - Immagine fotografica intraoperatoria dopo applicazione dell'impianto da osteosintesi.**

### **3.1.4 CCWO – Gestione del postoperatorio**

Un'osteotomia correttiva, dal punto di vista della gestione del paziente nel periodo postoperatorio, è molto simile ad una frattura. In entrambi i casi abbiamo infatti la presenza di monconi ossei ridotti per mezzo di dispositivi di osteosintesi. Il paziente verrà dimesso con la prescrizione di un'adeguata terapia antibiotica, antinfiammatoria e antidolorifica. Dovrà seguire un periodo di assoluto riposo intervallato da brevi passeggiate giornaliere al guinzaglio fino a guarigione ossea avvenuta e verificata radiograficamente.

### **3.1.5 CCWO - Selezione del Paziente**

La CCWO è comparabile ad altre tecniche chirurgiche che, con modalità e osteotomie differenti, prevedono una variazione dell'inclinazione del piatto tibiale. L'osteotomia che la caratterizza può essere più adatta a particolari pazienti e per questo motivo, come per ogni chirurgia, necessita di un'accurata selezione del paziente.

I casi in cui il trattamento chirurgico mediante CCWO è più indicato sono i seguenti:

- pazienti di piccola taglia (cane e gatto),
- pazienti giovani,
- rottura del legamento crociato craniale in associazione a lussazione della rotula,
- combinazione tra CCWO e TPLO per eccessiva inclinazione del piatto tibiale,
- revisione chirurgica intervento di TTA.

#### Pazienti di piccola taglia

Nei pazienti di piccola taglia l'intervento di CCWO, rispetto ad altre chirurgie (es. TPLO), permette di ottenere un moncone prossimale di maggiori dimensioni (Fig. 3.7).



**Fig. 3.7 - Rappresentazione grafica della tibia.** L'immagine raffigura le due tecniche chirurgiche più impiegate nel trattamento della rottura del legamento crociato craniale nel cane: TPLO e CCWO. L'osteotomia relativa alla CCWO è rappresentata dal cuneo delimitato dalle due linee grigie. L'osteotomia relativa alla TPLO è rappresentata dalla linea curvilinea che delimita distalmente l'area di colore verde. L'area evidenziata in verde delimita la superficie del moncone prossimale in seguito a TPLO. L'area evidenziata in verde sommata all'area evidenziata in rosso delimitano la superficie del moncone prossimale in seguito a CCWO.



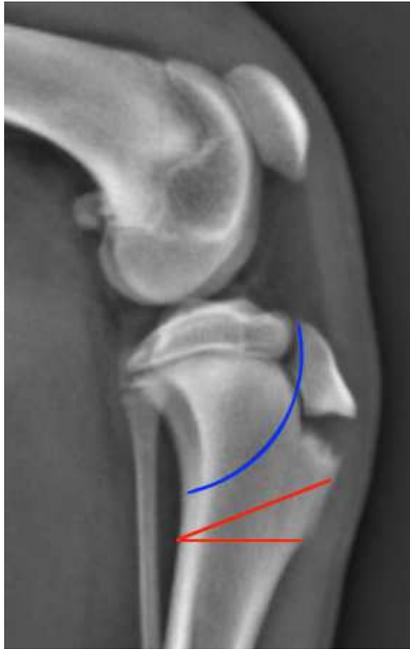


**Fig. 3.9 - Immagine radiografica della tibia di un cane di razza yorkshire terrier di 3,5 Kg di peso.** Il paziente è stato sottoposto ad intervento chirurgico di TPLO e ha subito la complicazione di frattura della cresta tibiale a circa 30gg dall'intervento chirurgico.

Inoltre l'esecuzione di altre tipologie di intervento chirurgico (es. TPLO) in pazienti molto piccoli prevede l'utilizzo di strumentario dedicato (Jig, sega biradiale, impianti, ecc.) e una curva di apprendimento non rapidissima. La CCWO può quindi rappresentare una valida alternativa chirurgica in questi pazienti.

#### Pazienti giovani

In alcuni casi si può verificare una rottura del legamento crociato in pazienti molto giovani. Spesso in questi casi la rottura del legamento è traumatica e non conseguente ad una degenerazione del legamento. In questi pazienti è possibile che la terapia chirurgica sia complicata dalla presenza sulla tibia prossimale delle cartilagini di accrescimento del piatto tibiale e della tuberosità tibiale. Altre chirurgie come la TPLO, la TTA, la PTIO e la PTO prevedono l'esecuzione di un'osteotomia che andrebbe ad interferire con le fisi. Eseguendo una CWWO invece è possibile agire distalmente alle fisi evitando di interferire con il loro processo di crescita (Fig.3.10).



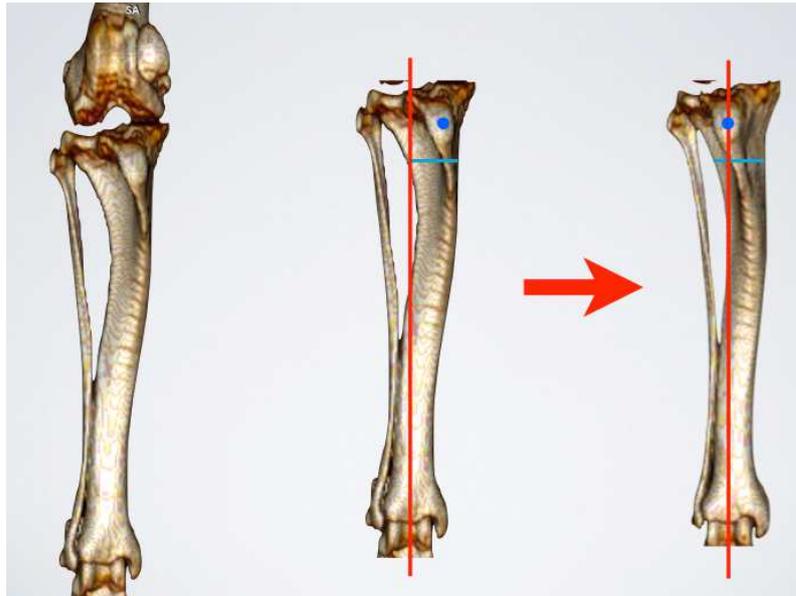
**Fig. 3.10 - Immagine radiografica della tibia di un cane in accrescimento.** La linea blu identifica l'osteotomia da eseguirsi in caso di TPLO. Dalla rappresentazione grafica è possibile osservare come l'osteotomia interferirebbe con la cartilagine di accrescimento. La linea rossa identifica invece l'intervento di CCWO ed è posta distalmente alle fisi.

#### Rottura del legamento crociato craniale in associazione a lussazione della rotula

La lussazione di rotula è un evento frequente nel cane e ancor di più nei pazienti di piccola taglia. La lussazione di rotula è conseguente ad una deviazione assiale di uno dei segmenti scheletrici principali dell'arto posteriore (femore e tibia). Prendendo in considerazione la tibia, questa può essere causa di lussazione di rotula se affetta da torsione nel suo asse meccanico. In questi casi si avrà una dislocazione mediale o laterale della tuberosità tibiale (inserzione del tendine tibio-rotuleo) con conseguente dislocazione della rotula dal solco trocleare. In questi casi la terapia chirurgica è un'osteotomia prossimale di tibia con detorsione e stabilizzazione mediante placca.

La lussazione di rotula è descritta come causa predisponente la rottura del legamento crociato craniale. In alcuni casi è quindi possibile riscontrare una rottura del legamento crociato craniale in associazione ad una lussazione di rotula preesistente.

Pertanto, se la lussazione di rotula è provocata dalla torsione della tibia e non sono state diagnosticate ulteriori deviazioni assiali a carico del femore, optando per una CCWO come terapia per la rottura del crociato è possibile associare la detorsione della tibia prima della riduzione dei monconi (Fig. 3.11). In questo modo con un'unica chirurgia è possibile porre rimedio alle due diverse patologie.

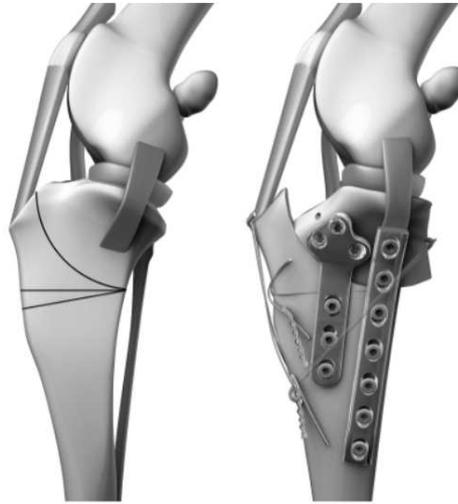


**Fig. 3.11 - Ricostruzione tridimensionale da CT della tibia di un cane affetto da rottura del legamento crociato craniale e lussazione mediale di rotula.** La seconda immagine rappresenta la torsione della tibia ed è possibile vedere la tuberosità craniale (punto blu) dislocata medialmente rispetto al centro della tibia (linea rossa). L'ultima immagine rappresenta l'osteotomia relativa all'intervento di CCWO (linea azzurra) e la detorsione della tibia. Al termine della chirurgia la tuberosità tibiale coincide con il centro della tibia.

#### Combinazione tra CCWO e TPLO per eccessiva inclinazione del piatto tibiale

La tecnica di TPLO è, per diverse ragioni, tra le più impiegate per il trattamento della rottura del legamento crociato craniale nel cane. In letteratura un'inclinazione del piatto tibiale superiore ai 34° viene considerata eTPA (excessive Tibial Plateau Angle) (59). In pazienti affetti da rottura del legamento crociato craniale e con eTPA è sconsigliata la TPLO in quanto diventa eccessivamente alto il rischio di complicazioni postoperatorie come la frattura della cresta tibiale (9). In questi casi è consigliabile utilizzare una combinazione

di due tecniche chirurgiche (TPLO e la CCWO), correggendo parte del recurvato prossimale di tibia con la TPLO (fino a 34°) e parte con la CCWO (9, 59) (Fig. 3.12).



**Fig. 3.12 - Rappresentazione grafica dell'intervento di TPLO in associazione a CCWO in un cane con eccessiva inclinazione del piatto tibiale.**

(Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP, et al. Tibial Osteotomies for Cranial Cruciate Ligament Insufficiency in Dogs. Vet Surg 2008; 37: 111-125)

### Revisione chirurgica intervento di TTA

L'intervento di TTA prevede l'avanzamento della cresta tibiale dopo averla osteotomizzata secondo una linea pressoché parallela all'asse meccanico della tibia (58). Per ottenere e stabilizzare l'avanzamento della cresta tibiale la tecnica prevede l'utilizzo di un cage (gabbia metallica che verrà osteointegrata) (Fig. 3.13).



**Fig. 3.13-** Immagine radiografica di un intervento di TTA. La freccia blu indica il cage inserito all'interno dell'osteotomia.

In caso di non corretta esecuzione della chirurgia è possibile che l'angolo tra piatto tibiale e tendine tibio-rotuleo non sia quello programmato durante il planning pre-chirurgico. In questi casi la chirurgia potrebbe risultare non sufficiente ad annullare il CTT e pertanto è possibile che permanga la zoppia. Il paziente in questo caso necessiterebbe di una revisione chirurgica in modo da stabilizzare il ginocchio. Il cage della TTA ormai integrato risulta difficile da rimuovere e, per il suo posizionamento, potrebbe interferire con successive revisioni chirurgiche (TPLO, TTA, PTIO e PTO).

Per questo motivo l'alternativa chirurgica potrebbe essere un intervento extra-articolare con l'inserimento di materiale sintetico per stabilizzare l'articolazione oppure una revisione chirurgica con CCWO. In questo modo è possibile correggere l'inclinazione del piatto tibiale eseguendo l'osteotomia e applicando l'impianto distalmente al cage della TTA (Fig. 3.14).



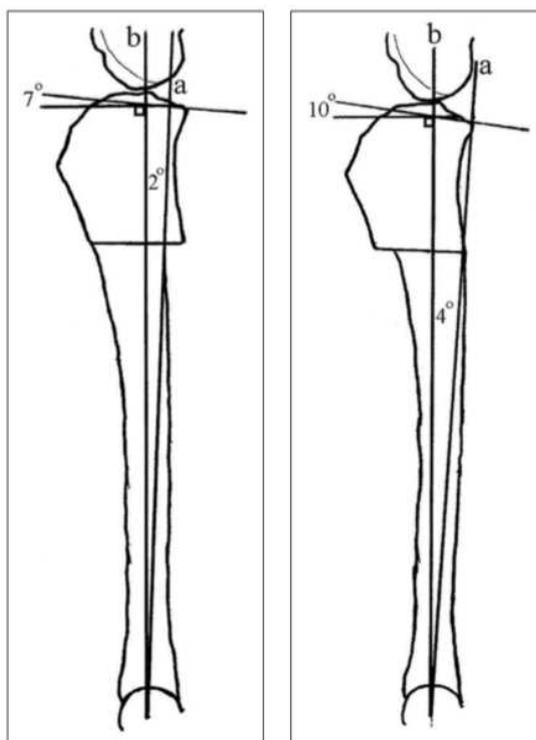
**Fig. 3.14 - Immagine radiografica di un intervento di CCWO eseguito come revisione chirurgica di un intervento di TTA in un cane, rottweiler di 60 Kg. La freccia blu indica il cage inserito all'interno dell'osteotomia.**

### **3.1.6 CCWO - Complicazioni**

La tecnica chirurgica sopra descritta prevede una correzione della biomeccanica del ginocchio alterando l'anatomia della tibia prossimale. Eseguita l'osteotomia è inoltre necessaria una stabilizzazione dei monconi mediante l'utilizzo di impianti da osteosintesi. Per queste ragioni l'intervento di CCWO è soggetto a tutte le complicazioni conseguenti all'alterazione anatomica apportata alla tibia e a quelle relative all'applicazione degli impianti. In letteratura è riportata una percentuale di cedimento degli impianti nel periodo postoperatorio pari a circa l'8% (60, 61). Un'altra complicazione spesso riportata è la desmitte del tendine tibio-rotuleo (3,6%) (61). Questa complicazione può considerarsi conseguente all'alterazione anatomica provocata dalla chirurgia. L'esecuzione di un'osteotomia cuneiforme in sottrazione prevede infatti un accorciamento del segmento osseo che, in questo caso, avviene sul versante craniale della

tibia. L'ostectomia viene eseguita in prossimità della tuberosità tibiale, dove è presente l'inserzione del tendine tibio-rotuleo. E' evidente che l'accorciamento della tibia determinerà una tensione sul tendine che, se eccessiva, esiterà in un desmite del tendine stesso.

Un altro studio riporta una variazione tra l'asse meccanico della tibia misurato prima della chirurgia e quello misurato dopo la chirurgia (62). L'eliminazione del cuneo ostectomizzato determina una traslazione craniale dell'asse tibiale compresa tra i 2° e i 7° (Fig. 3.15). Dai risultati ottenuti dagli autori si evince che è possibile minimizzare lo spostamento dell'asse meccanico giustappponendo i due monconi, in fase di riduzione dell'ostectomia, a livello della loro corticale craniale (62).



**Fig. 3.15 - Immagine tratta dalla pubblicazione di Bailey del 2007.** La linea indentificata dalla lettera "a" è l'asse meccanico della tibia misurato prima della chirurgia (CCWO), la linea identificata dalla lettera "b" è invece l'asse meccanico della tibia dopo CCWO. L'angolo tra l'asse a e l'asse b rappresenta la traslazione dell'asse meccanico conseguente alla chirurgia. Le due immagini mettono in evidenza la differente traslazione che si ottiene giustappponendo la corticale craniale o quella caudale. (Bailey CJ, Smith BA and Black AP. Geometric implications of the tibial wedge osteotomy for the treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs. Vet Comp Orthop Traumatol 2007; 20 (3): 159-168)

## 3.2 Modified-CCWO

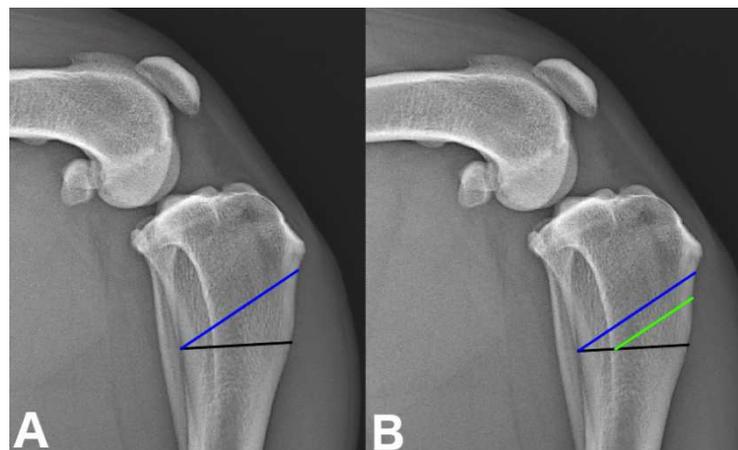
Nella letteratura più recente è stata proposta una modifica alla tecnica originale chiamata modified-CCWO (m-CCWO) (63). Wallace et. al. riconoscono alcuni punti deboli della tecnica originale proposta da Slocum e propongono pertanto una modifica in grado di ridurre gli effetti negativi. Gli svantaggi evidenziati da Wallace sono tutti riferibili al fatto che l'asportazione del cuneo d'osso a seguito dell'ostectomia che caratterizza la CCWO determina necessariamente alcune modifiche anatomiche della tibia trattata. L'alterazione anatomica principale e la più evidente è l'accorciamento della tibia dovuto alla rimozione del cuneo. La riduzione in lunghezza della tibia comporta un abbassamento della tuberosità tibiale e pertanto una trazione sul tendine tibio-rotuleo con abbassamento della rotula (patella baja) (63). La dislocazione distale della rotula e la trazione sul suo tendine di collegamento alla tibia aumenta il rischio di desmitte del tendine stesso (5, 63). La riduzione in lunghezza della tibia determina inoltre una flessione della fibula che, in caso di inclinazione eccessiva del piatto tibiale, potrebbe determinarne la frattura nel periodo postoperatorio. La frattura della fibula è stata descritta ed associata ad un aumento della morbilità della chirurgia per il paziente e ad un incremento del rischio di cedimento degli impianti (63, 64). Infatti nel periodo postoperatorio la fibula offre un sostegno laterale che supporta l'impianto, posizionato medialmente, nel sostegno del carico fino alla guarigione dell'osso.

Un ulteriore punto debole della CCWO descritto da Wallace è relativo alle dimensioni del cuneo osseo asportato. Secondo l'autore è evidente che le dimensioni del moncone prossimale all'ostectomia siano inversamente proporzionali alla grandezza del cuneo rimosso (63). Un moncone prossimale di maggiori dimensioni è vantaggioso per il chirurgo nel momento dell'applicazione dell'impianto soprattutto nei pazienti di piccole dimensioni e nei casi in cui l'eccessiva inclinazione del piatto tibiale obblighi ad eseguire una combinazione di due tecniche chirurgiche (TPLO + CCWO) (5, 9, 62).

Infine, la deviazione della tibia in recurvato conseguente ad una m-CCWO risulterà essere di entità inferiore rispetto ad una CCWO, ancora una volta per una riduzione del cuneo craniale rimosso (63).

### 3.2.1 Modified-CCWO. Tecnica chirurgica

La modifica proposta da Wallace prevede una traslazione craniale dell'osteotomia prossimale rispetto alla distale (63). Il plannig preoperatorio nel dettaglio prevede di disegnare un cuneo di ampiezza pari all'inclinazione del piatto tibiale con base sulla corticale craniale della tibia e apice su quella caudale. Le due linee identificano l'osteotomia prossimale e quella distale per l'intervento di CCWO. A questo punto si identifica un punto sull'osteotomia distale a due terzi della sua lunghezza partendo dalla corticale craniale. Da questo punto è possibile tracciare l'osteotomia prossimale per la m-CCWO con inclinazione pari a quella del piatto tibiale. Il cuneo da eseguire per m-CCWO risulterà pertanto traslato cranialmente rispetto al cuneo per CCWO (Fig. 3.16).



**Fig. 3.16 - Immagine radiografica con planning preoperatorio per CCWO (A) e per m-CCWO (B).** La linea blu identifica l'osteotomia prossimale per l'intervento di CCWO, mentre la linea nera ne identifica l'osteotomia distale. La linea verde identifica l'osteotomia prossimale per m-CCWO.

I risultati del lavoro di Wallace riportano una differenza significativa tra l'ampiezza del cuneo rimosso con CCWO (maggiore) rispetto a m-CCWO (inferiore). Significativa è anche la differenza in riduzione della lunghezza della tibia che risulta essere inferiore con m-CCWO rispetto a CCWO.

Gli autori hanno inoltre calcolato la superficie di contatto tra il moncone prossimale e quello distale. Per far questo è stata misurata l'area ottenuta dalle osteotomie trasversali dell'osso ed è stato possibile calcolare una sovrapposizione del 74% tra il moncone distale e quello prossimale. Questo dato non è da considerarsi positivo come gli altri risultati ottenuti dallo studio. Un contatto parziale tra il moncone prossimale e quello distale potrebbe ridurre la stabilità dell'osteosintesi e quindi aumentare il rischio di cedimento degli impianti nel periodo postoperatorio.

## **4. Ostectomia cuneiforme craniale in sottrazione pareggiata (p-CCWO) per il trattamento chirurgico della rottura del legamento crociato craniale nel cane.**

Studio anatomico *ex-vivo* e comparazione radiografica con CCWO e m-CCWO

### **4.1 Introduzione**

Le tecniche chirurgiche per il trattamento della rottura del legamento crociato craniale nel cane sono ancora oggetto di studio tantoché nel 2011 un lavoro di Wallace et al. propone una modifica della tecnica CCWO denominata appunto m-CCWO) (63).

Considerando importanti e consistenti i vantaggi apportati dalla m-CCWO alla CCWO, l'obbiettivo di questo lavoro è quello di proporre un'ulteriore modifica alla tecnica originale di CCWO che chiameremo CCWO pareggiata (p-CCWO).

La tecnica p-CCWO verrà confrontata radiograficamente sia con la CCWO che con la m-CCWO mediante uno studio retrospettivo. Inoltre è stato eseguito uno studio anatomico *ex-vivo* per valutare la percentuale di sovrapposizione dei monconi di osteotomia ottenuti con p-CCWO.

L'ipotesi di partenza è che, pareggiando la lunghezza dell'osteotomia prossimale con quella distale, si evidenzi comunque una differenza significativa tra l'ampiezza del cuneo rimosso con CCWO e quello con p-CCWO. La seconda ipotesi è che la p-CCWO permetta di ottenere una maggior sovrapposizione dei monconi di ostectomia rispetto alla m-CCWO.

## 4.2 Materiali e Metodi

### 4.2.1 Studio Anatomico

Lo studio anatomico è stato realizzato su arti posteriori di cani che avevano subito eutanasia per ragioni diverse allo studio stesso. I campioni utilizzati non dovevano presentare evidenti alterazioni anatomiche dal punto di vista clinico e radiografico. I campioni raccolti sono stati sottoposti a studio radiografico eseguendo una radiografia nella proiezione medio-laterale con ginocchio e garretto flessi a 90°. Durante la radiografia la tibia doveva risultare parallela alla cassetta radiografica.

#### Misurazioni Radiografiche

Le radiografie sono state analizzate utilizzando il software Osirix. Da ogni radiografia sono stati misurati i seguenti parametri:

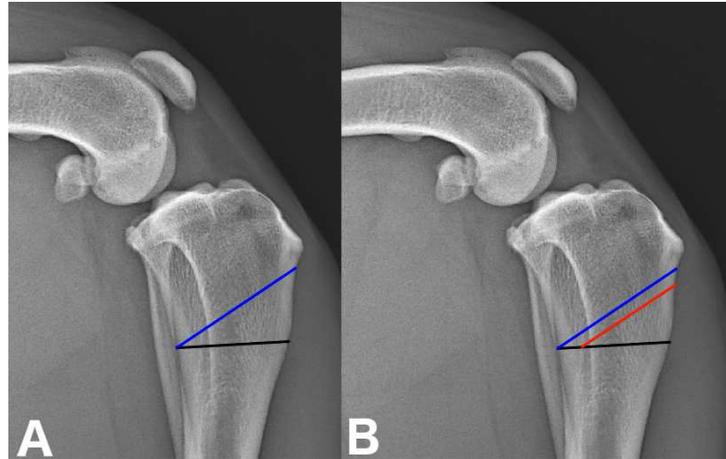
- TPA: inclinazione del piatto tibiale,
- TL: lunghezza della tibia,
- HBW: altezza del cuneo sulla corticale craniale della tibia per l'intervento di p-CCWO.

TPA e TL sono stati misurati come precedentemente descritto in letteratura (58, 65-66).

La pianificazione radiografica per l'intervento di p-CCWO è stata eseguita successivamente alla pianificazione per l'intervento di CCWO.

L'osteotomia prossimale è stata disegnata tracciando una linea parallela al piatto tibiale che intersecasse la corticale craniale della tibia ad una distanza dalla tuberosità tibiale pari al 3% della TL. L'osteotomia distale invece è rappresentata da una linea perpendicolare all'asse meccanico della tibia e intersecante l'osteotomia prossimale in corrispondenza della corticale caudale della tibia. L'osteotomia distale e quella prossimale determinano così il cuneo con base craniale e apice caudale corrispondente all'intervento di CCWO (Fig. 4.1).

L'intervento di p-CCWO è stato poi pianificato mantenendo l'osteotomia distale e tracciando l'osteotomia prossimale in modo tale che le due risultassero di lunghezza pari e che formassero un angolo tra loro uguale al TPA.

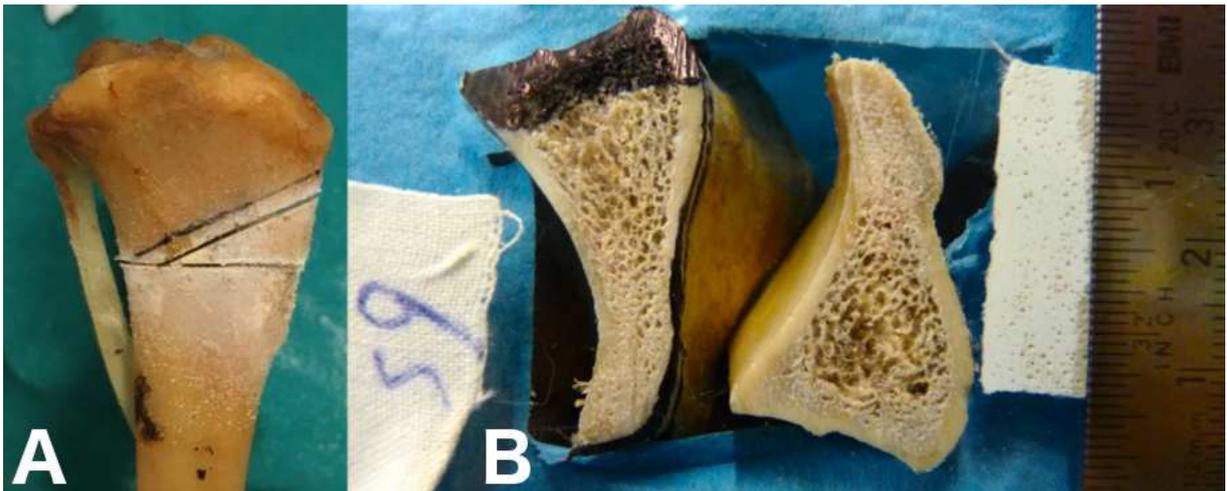


**Fig. 4.1 - Immagine radiografica con planning preoperatorio per CCWO (A) e per p-CCWO (B).** La linea blu identifica l'osteotomia prossimale per l'intervento di CCWO, mentre la linea nera ne identifica l'osteotomia distale. La linea rossa identifica l'osteotomia prossimale per p-CCWO.

#### Misurazioni Anatomiche

I campioni anatomici sono stati quindi utilizzati per simulare l'intervento chirurgico di p-CCWO. E' stato eseguito l'accesso chirurgico standard mediale alla tibia prossimale.

Le misurazioni effettuate sull'immagine radiografica sono state riportate sull'osso e successivamente sono state eseguite le osteotomia utilizzando una sega oscillante (Fig. 4.2 A).



**Fig. 4.2 - Immagine dei passaggi dello studio anatomico.** (A) Modello anatomico dopo aver eseguito le osteotomie. (B) Moncone prossimale con colorata di nero la parte non interessata dal contatto tra i monconi dopo riduzione dell'osteotomia, moncone distale e righello.

La porzione caudale del moncone prossimale, poiché non è coinvolta nella giustapposizione dei monconi in fase di riduzione dell'osteotomia, è stata colorata di nero utilizzando un apposito pennarello marcatore.

A questo punto è stato predisposto un supporto in plexiglass sul quale appoggiare la superficie di taglio del moncone prossimale, quella del moncone distale e un righello (Fig. 4.2 B). E' poi fissata ad un supporto una fotocamera con obiettivo parallelo al supporto di plexiglass e ad una distanza da esso costante di 4cm. Così facendo sono state ottenute immagini fotografiche con le due superfici di osteotomia ed il righello tutte sullo stesso medesimo piano.

#### Analisi delle immagini anatomiche

Le immagini fotografiche sono state elaborate utilizzando un software CAD.

Il righello è stato necessario per calibrare il software. Sono state annotate le misure delle superfici di osteotomia e calcolata la percentuale di sovrapposizione delle due.

Una sovrapposizione del 100% indica che le due aree sono uguali sia per area che per forma.

## 4.2.2 Studio Radiografico Retrospettivo

### Criteri di inclusione

Sono state utilizzate per lo studio retrospettivo immagini radiografiche di tibie nella proiezione medio-laterale di cani a cui è stata emessa una diagnosi di rottura del legamento crociato craniale. Non sono stati esclusi dallo studio pazienti per peso, taglia ed età. Sono invece stati esclusi dallo studio pazienti condrodistrofici o con evidenti malallineamenti a carico degli arti posteriori.

### Tecnica radiografica e misurazioni

Per ogni paziente è stata eseguita una radiografia della tibia nella proiezione medio-laterale con ginocchio e garretto flessi a 90°. Il paziente è stato sottoposto a sedazione durante l'esecuzione dello studio radiografico.

Le radiografie sono state analizzate utilizzando il software Osirix.

Da ogni radiografia sono stati misurati i seguenti parametri:

- TPA: inclinazione del piatto tibiale,
- TL: lunghezza della tibia,
- TW: larghezza della tibia,
- HBW CCWO: altezza del cuneo sulla corticale craniale della tibia per l'intervento di CCWO,
- HBW m-CCWO: altezza del cuneo sulla corticale craniale della tibia per l'intervento di m-CCWO
- HBW p-CCWO: altezza del cuneo sulla corticale craniale della tibia per l'intervento di p-CCWO.

Il TPA e la TL sono stati misurati come precedentemente descritto in letteratura (58, 65-66). La TW è stata misurata tracciando una linea dalla tuberosità tibiale alla porzione caudale del condilo tibiale laterale. La pianificazione radiografica per CCWO e p-CCWO è stata eseguita come descritto nel capitolo precedente (Fig. 4.1). La pianificazione per l'intervento di m-CCWO è stata eseguita a partire da quella relativa all'intervento di CCWO. E' stato identificato un punto

sull'osteotomia distale a circa due terzi della sua lunghezza in senso cranio-caudale. L'osteotomia prossimale è stata identificata tracciando una linea dal punto appena identificato in direzione della corticale craniale della tibia e con un'inclinazione rispetto all'osteotomia distale pari al TPA (Fig. 3.16).

Pianificate radiograficamente le tre chirurgie è stato possibile misurare le differenti altezze del cuneo sulla corticale craniale della tibia.

Infine sono stati calcolati i seguenti valori:

- TW/TL: rapporto tra larghezza e lunghezza della tibia.
- (HBW CCWO) – (HBW p-CCWO): differenza tra l'altezza del cuneo ottenuto con CCWO e quello ottenuto con p-CCWO
- (HBW p-CCWO) – (HBW m-CCWO): differenza tra l'altezza del cuneo ottenuto con p-CCWO e quello ottenuto con m-CCWO.

### Analisi Statistica

I dati sono stati analizzati con l'ausilio della statistica descrittiva utilizzando un software commerciale (SAS 9.1).

L'HBW p-CCWO è stata comparata con l'HBW m-CCWO mediante un test di Wilcoxon non parametrico.

Per correlare di dati "Peso Paziente" con le misure di TL, TW/TL e TPA è stato utilizzato il coefficiente di correlazione di Spearman. Le tre misure sono state correlate tra loro ed ognuna con i seguenti parametri:

- percentuale di incremento della HBW di CCWO rispetto a p-CCWO
- percentuale di incremento della HBW di p-CCWO rispetto a m-CCWO

La percentuale di incremento della HBW di CCWO rispetto a p-CCWO è stata valutata come:

- 1, se maggiore del valore medio  $\pm ds$  (questo implica che le due tecniche sono molto differenti)
- 0, in tutti gli altri casi.

La percentuale di incremento della HBW di p-CCWO rispetto a m-CCWO è stata valutata come:

- 1, se inferiore al valore medio  $\pm$  sd (questo implica che le due tecniche sono molto simili)

- 0, in tutti gli altri casi.

L'analisi della curva ROC è stata utilizzata per testare l'accuratezza dei valori di TPA e di TW/TL come misure in grado di predire l'efficacia della tecnica p-CCWO rispetto alle altre due (CCWO w m-CCWO).

## 4.3 Risultati

### 4.3.1 Studio Anatomico

Per lo studio anatomico sono state utilizzate un totale di 20 tibie. Le tibie appartenevano a cani di età compresa tra i 2,6 e i 13,1 anni (media 7,4 anni, mediana 6,8 anni) e di peso corporeo tra i 10,7Kg e i 43,2Kg (media 22,7Kg, mediana 21,3Kg).

La percentuale di sovrapposizione tra l'area di osteotomia prossimale e quella distale andava dal 72,3% al 99,9%era (media 87,3%  $\pm$ 8,8ds).

### 4.3.2 Studio Radiografico Retrospectivo

Il campione comprendeva 60 cani di peso corporeo compreso tra i 2Kg e i 35Kg (media 16,9Kg, mediana 15,2Kg). Il valore TL risultava compreso tra 80mm e 232mm (media 139mm, mediana 132mm) e il rapporto TW/TL era compreso tra 0,2 e 0,33 (media 0,25, mediana 0,23). Il valore di TPA misurato era compreso tra i 14° e i 34° (media 24,3°, mediana 25°).

L'HBW con la tecnica CCWO (media 10,96mm, CI 4,8-21,7) risultava maggiore rispetto al HBW con p-CCWO (media 8,66, CI 3,7-17) ( $p < 0.001$ ). L'HBW con la tecnica p-CCWO (media 8,66, CI 3,7-1,7) risultava maggiore rispetto al HBW con m-CCWO (media 7,36, CI 3,1-14) ( $p < 0.013$ ).

L'analisi statistica metteva in evidenza una correlazione negativa tra la percentuale di incremento di HBW con CCWO rispetto al HBW con p-CCWO e i dati di TL e "Peso del paziente". La correlazione risultava invece positiva tra la percentuale di incremento di HBW con CCWO rispetto a p-CCWO e i valori di TPA e TW/TL (Tab. 1).

L'analisi statistica metteva in evidenza una correlazione positiva tra la percentuale di incremento di HBW con p-CCWO rispetto a m-CCWO e i dati TL e "Peso del paziente". La correlazione risultava invece negativa tra la

percentuale di incremento di HBW con p-CCWO rispetto a m-CCWO e i valori di TPA e TW/TL (Tab. 1).

Era presente una correlazione negativa tra il rapporto TW/TL ed il dato "Peso del paziente" e tra il rapporto TW/TL e il dato TL (Tab. 2). Una correlazione negativa è stata inoltre messa in evidenza tra il valore TPA e il dato "Peso del paziente" e tra il valore TPA e il valore TL (Tab. 2).

L'analisi della curva ROC metteva in luce una significativa riduzione di HBW con p-CCWO rispetto a CCWO nei casi con TPA  $>24^\circ$  e rapporto TW/TL  $>0,25$ . Nello stesso gruppo di pazienti l'analisi della curva ROC mostrava una minor differenza tra HBW con la tecnica p-CCWO rispetto alla tecnica m-CCWO (Tab. 3).

	% di incremento di HBW CCWO vs p-CCWO	% di incremento di HBW p-CCWO vs m-CCWO
Peso Paziente	-0.30*	0.45***
TL	-0.33**	0.48***
TW/TL	0.45***	-0.46***
TPA	0.45***	-0.51***

**Key:** TL= Lunghezza Tibia, TW/TL= Larghezza Tibia/Lunghezza Tibia, TPA= Inclinazione piatto tibiale, PO= Osteotomia Proximale, DO= Osteotomia Distale.  
\*0.01<P<0.05  
\*\* 0.001<P<0.01  
\*\*\* P<0.001

**Tab 1** – Coefficiente di correlazione di Spearman tra la percentuale di incremento di HBW (CCWO vs p-CCWO e p-CCWO vs m-CCWO) e le misure “Peso paziente”, TL, rapporto TW/TL e TPA TPA.

	Peso Paziente	TL	TW/TL	TPA
TL	0.90***			
TW/TL	-0.37**	-0.56***		
TPA	-0.26*	-0.31*	0.51**	

**Key:** TL= Lunghezza Tibia, TW/TL= Larghezza Tibia/Lunghezza Tibia, TPA= Inclinazione Piatto Tibiale. \*  
0.01<P<0.05  
\*\* 0.001<P<0.01  
\*\*\* P<0.001

**Tab 2** – Coefficiente di correlazione di Spearman tra le misure “Peso paziente”, TL, rapporto TW/TL e TPA.

	Index	AUC±se	Cut off ^	95% CI	Sensitivity	Specificity
CCWO vs p-CCWO (molto diverse)	TPA	0,73±0.07	>24	20-25	84,62	53,19
	TW/TL	0.89±0.05	> 0.25	0.24-0.26	92,31	82,98
p-CCWO vs m-CCWO (molto simili)	TPA	0.81±0.06	> 24	21-25	92,31	55,32
	TW/TL	0.91±0.04	>0.25	0.23-0.27	92,31	82,98

**Key: AUC:** Area Under the Curve, **se:** Standard Error **CI:** Confidence Interval  
 CI: confidence interval ^ Valore con il maggior equilibrio tra sensibilità e specificità.

**Tab 3** – Accuratezza di due indici (TPA e TW/TL) nel discriminare due metodiche chirurgiche differenti (CCWO vs p-CCWO e p-CCWO vs m-CCWO).

## 4.4 DISCUSSIONE

I risultati dello studio radiografico retrospettivo confermano l'ipotesi di partenza che ci sia una significativa differenza tra l'ampiezza del cuneo rimosso eseguendo un intervento di p-CCWO rispetto ad un intervento di CCWO.

Come recentemente descritto da Wallace (63), la riduzione del cuneo rimosso comporta diversi vantaggi. Innanzitutto permette di ottenere un moncone prossimale di maggiori dimensioni e questo è molto importante dal punto di vista tecnico in quanto semplifica al chirurgo l'applicazione dell'impianto da osteosintesi. Come descritto nei capitoli precedenti, l'intervento di CCWO è indicato in pazienti di piccola taglia e, in questi casi, un moncone di maggiori dimensioni potrebbe far la differenza durante la chirurgia. E' bene considerare anche il fatto che il versante craniale della tibia è di spessore ridotto rispetto a quello caudale e quindi è meno utilizzabile per l'inserimento delle viti degli impianti; inoltre, a causa del suo ridotto spessore è più soggetto a complicazioni postoperatorie come fratture o pull-out degli impianti. Il versante caudale della tibia spesso è occupato dal Jig durante la chirurgia e questo determina pertanto un'ulteriore riduzione dello spazio utilizzabile dal chirurgo per l'impianto. Un moncone prossimale di maggiori dimensioni oltre ad essere molto vantaggioso per il chirurgo nei pazienti piccoli, lo è anche in quei casi con TPA eccessivo ( $>34^\circ$ ) dove è necessario eseguire una combinazione di TPLO e CCWO per correggere completamente il procurvato tibiale (5).

Il secondo vantaggio apportato da una riduzione dell'ampiezza del cuneo (HBW) è il minor accorciamento della tibia. L'accorciamento della tibia durante l'intervento di CCWO è già stato descritto ed è stato associato ad uno spostamento cranio-distale della tuberosità tibiale che può provocare un abbassamento della rotula (patella baja). La maggior tensione del tendine tibio-rotuleo potrebbe comportare una desmitte del tendine stesso con conseguente dolore e peggioramento del recupero postoperatorio per il paziente (5, 63). L'accorciamento della tibia determina inoltre una flessione della fibula,

aumentando così il rischio di frattura della fibula stessa durante la chirurgia o nel periodo post-operatorio (63, 64). La frattura della fibula, oltre a comportare dolore e quindi peggioramento clinico del paziente, può aumentare il rischio di cedimento dell'impianto. Questo perché viene a mancare il sostegno laterale offerto normalmente dalla fibula, che si prende carico insieme all'impianto mediale di sostenere il peso del paziente in stazione e in movimento.

Lo studio retrospettivo ha messo in evidenza anche una significativa differenza tra il cuneo rimosso con p-CCWO (maggiore) e quello rimosso con m-CCWO (minore). Quindi è possibile ipotizzare che tutti i vantaggi sopradescritti rispetto a CCWO siano più evidenti eseguendo un intervento di m-CCWO rispetto a p-CCWO.

Il punto debole, descritto anche da Wallace, della tecnica m-CCWO è la non perfetta giustapposizione dei monconi di osteotomia (63). Questo perché con m-CCWO si ottiene un moncone prossimale di ridotte dimensioni e, in particolare, Wallace riscontrò una percentuale di sovrapposizione dei due monconi pari al 74% della superficie (63). Per questo motivo Wallace propose di traslare prossimalmente l'osteotomia in modo da aumentare la base del moncone prossimale (63). La carenze dell'intervento di m-CCWO riportate da Wallace hanno suggerito l'impostazione dello studio anatomico *ex vivo* pensato per la valutazione del grado di sovrapposizione dei monconi con l'intervento di p-CCWO. La tibia prossimale ha una sezione triangolare con lato maggiore corrispondente alla corticale laterale. Per ragioni geometriche è stato possibile ipotizzare che pareggiando la lunghezza dell'osteotomia prossimale con quella distale (lato lungo del triangolo) si potessero ottenere due monconi con area e forma molto simili e quindi più sovrapponibili l'uno all'altro. La seconda ipotesi di partenza è stata confermata dai risultati ottenuti dallo studio *ex vivo* in quanto la percentuale di sovrapposizione ottenuta nel nostro studio anatomico è > dell'87% (compresa tra il 72,3% e il 99,9%).

Sarebbero necessari ulteriori studi biomeccanici per valutare precisamente quanto la percentuale di sovrapposizione dei monconi aumenti la stabilità

dell'osteosintesi nel periodo post-operatorio. E' possibile però ipotizzare che una buona superficie di contatto tra i monconi sia di supporto all'impianto per sostenere il carico.

L'analisi statistica dei dati raccolti permette infine di identificare il paziente ideale per l'esecuzione dell'intervento di p-CCWO e il paziente in cui questa tecnica possa offrire significativi vantaggi rispetto alla CCWO. I pazienti di piccola taglia (peso inferiore e lunghezza della tibia inferiore) presentano valori più alti del rapporto larghezza/lunghezza della tibia quindi la loro tibia tende ad allargarsi nella sua estremità prossimale. Gli stessi pazienti presentano valori di TPA più elevati rispetto ai cani di taglia più grande. La tecnica p-CCWO sembra essere più vantaggiosa rispetto alla CCWO (in termini di riduzione dell'ampiezza del cuneo) nei pazienti di piccola taglia e con TPA elevato nei quali si è inoltre riscontrato un aumento del rapporto larghezza/lunghezza. Nello stesso gruppo di pazienti la tecnica p-CCWO si avvicina alla tecnica m-CCWO per quanto riguarda l'ampiezza del cuneo. Per quanto riguarda la selezione del paziente si è messo in evidenza che la tecnica p-CCWO permette di ottenere una significativa diminuzione del cuneo rispetto alla CCWO nei pazienti con TPA  $>24^\circ$  e rapporto larghezza/lunghezza  $>0,25$ . Considerando che nel gruppo di pazienti da noi considerati i soggetti di piccola taglia presentavano valori di TPA e di rapporto larghezza/lunghezza elevati, la tecnica si dimostra più efficace in questa categoria di soggetti. Questo risultato è molto importante per il fatto che la tecnica p-CCWO potrebbe essere un'alternativa alla TPLO nei soggetti di taglia piccola in quanto offre al chirurgo un moncone prossimale di maggiori dimensioni e quindi facilita l'applicazione dell'impianto. Allo stesso tempo in questi pazienti permette di ridurre l'ampiezza del cuneo osseo da rimuovere rispetto alla tradizionale CCWO, diminuendo l'accorciamento della tibia ed i rischi a esso collegati. Sono da considerare anche i risultati di Corr SA e Brown C che nel 2007 hanno proposto uno studio comparativo tra la tecnica TPLO e CCWO non trovando particolari differenze tra le due tecniche dal punto di vista dell'outcome clinico (67).

## 4.5 CONCLUSIONI

Wallace et al hanno dimostrato come lo spostamento craniale dell'osteotomia prossimale durante la pianificazione dell'intervento di CCWO possa apportare vantaggi alla tecnica. Lo svantaggio principale dichiarato dagli autori della tecnica m-CCWO era la non perfetta corrispondenza tra il moncone prossimale e quello distale e gli stessi autori ipotizzavano possibili problematiche legate a questa caratteristica della tecnica.

Questo studio ha permesso di analizzare un'ulteriore modifica della tecnica originale CCWO che permette di ottenere una buona sovrapposizione dei monconi di osteotomia. E' evidente che i vantaggi rispetto a CCWO siano maggiori con m-CCWO e minori con p-CCWO ma sarebbe necessario uno studio biomeccanico specifico per quantificare il rischio di cedimento degli impianti dovuto ad una non perfetta giustapposizione dei monconi di osteotomia dovuta alla loro differente forma e dimensione con la tecnica m-CCWO.

## BIBLIOGRAFIA

1. Innes JF, Bacon D, Lynch C, et al. Long-term outcome of surgery for dogs with cranial cruciate ligament deficiency. *Vet Rec* 2000; 147: 325–328.
2. Wilke VL, Robinson DA, Evans RB, et al. Estimate of the annual economic impact of treatment of cranial cruciate ligament injury in dogs in the United States. *J Am Vet Med Assoc* 2005; 227 (10): 1604-1607.
3. Slocum P, Devine T. Cranial tibial wedge osteotomy: a technique for eliminating cranial tibial thrust in cranial cruciate ligament repair. *J Am Vet Med Assoc* 1984; 184:564–569.
4. Slocum B, Slocum TD. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1993; 23: 777–795.
5. Talaat MB, Kowaleski MP, Boudrieau RJ. Combination tibial plateau leveling osteotomy and cranial closing wedge osteotomy of the tibia for the treatment of cranial cruciate ligament-deficient stifles with excessive tibial plateau angle. *Vet Surg* 2006; 35: 729–739.
6. Damur DM, Tepic S, Montavon PM. Proximal tibial osteotomy for the repair of cranial cruciate-deficient stifle joints in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2003; 16: 211–216.
7. Bruce WJ, Rose A, Tuke J, et al. Evaluation of the triple tibial osteotomy. A new technique for the management of the canine cruciate-deficient stifle. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2007; 20 (3): 159–168.
8. Montavon PM, Damur DM, Tepic S. Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. *Proceedings, 1st World Orthopedic Veterinary Congress, Munich, Germany, 2002*; 152.
9. Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP, et al. Tibial Osteotomies for Cranial Cruciate Ligament Insufficiency in Dogs. *Vet Surg* 2008; 37: 111-125.

10. Wallace AM, Addison ES, Smith BA et al. Modification of the cranial closing wedge osteotomy technique for the treatment of canine cruciate disease. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011; 24 (6): 457-462.
11. Arnoczky SP, Marshall JL. The cruciate ligaments of the canine stifle: An anatomical and functional analysis. *Am J Vet Res* 1977; 38: 1807–1814.
12. Muir P. *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. Iowa: American College of Veterinary Surgeons Foundation and Wiley-Blackwell 2010.
13. Heffron LE, Campbell JR. Morphology, histology and functional anatomy of the canine cranial cruciate ligament. *Vet Rec* 1978; 102: 280–283.
14. Pozzi A, Kim SE. Biomechanics of the cranial and cranial cruciate ligament-deficient Stifle. In: *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. Iowa: American College of Veterinary Surgeons Foundation and Wiley-Blackwell 2010; pp 37-42.
15. Pozzi A, Kowaleski MP, Apelt D, et al. Effect of medial meniscal release on tibial translation after tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg* 2006; 35: 486– 494.
16. Tepic S, Damur DM, Montavon PM. Biomechanics of the stifle joint. *Proceedings of the 1st World Orthopaedic Veterinary Congress*. Munich, Germany, 2002, pp. 189–190.
17. Iwanaga T, Shikichi M, Kitamura H, et al. Morphology and functional roles of synoviocytes in the joint. *Arch Histol Cytol* 2000; 63: 17–31.
18. Sutton S, Clutterbuck A, Harris P, et al. The contribution of the synovium, synovial derived inflammatory cytokines and neuropeptides to the pathogenesis of osteoarthritis. *Vet J* 2009; 179: 10–24.
19. Bleedorn JA, Muir P. Synovitis or Stifle Instability, Which Comes First? In: *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. Iowa: American College of Veterinary Surgeons Foundation and Wiley-Blackwell 2010; pp 81-86.
20. Gardner DL, Bradley WA, O'Connor P, et al. Synovitis after surgical division of the anterior cruciate ligament of the dog. *Clin Exp Rheumatol* 1984; 2: 11–15.

21. Lipowitz AJ, Wong PL, Stevens JB. Synovial membrane changes after experimental transection of the cranial cruciate ligament in dogs. *Am J Vet Res* 1985; 46: 1166–1170.
22. Bleedorn JA, Greuel E, Manley PA, et al. Synovitis precedes development of joint instability in dogs with degenerative cranial cruciate ligament rupture. *Vet Surg* 2009; 38: E26.
23. Slocum B, Devine T: Cranial tibial thrust: A primary force in the canine stifle. *J Am Vet Med Assoc* 1983; 183: 456-459.
24. Griffon DJ. A review of the pathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease as a basis for future preventive strategies. *Vet Surg* 2010; 39: 399-409.
25. Buote N, Fusco J, Radasch R. Tibial plateau angle, sex, and weight as risk factors for contralateral rupture of the cranial cruciate ligament in Labradors. *Vet Surg* 2009; 38: 481- 489.
26. Muir P. History and Clinical Signs of Cruciate Ligament Rupture. In: *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. Iowa: American College of Veterinary Surgeons Foundation and Wiley-Blackwell 2010; pp 101-104
27. Harasen G. Diagnosing rupture of the cranial cruciate ligament. *Can Vet J* 2002; 43 (6): 475-476.
28. Fuller MC, Hayashi K, Bruecker KA et al. Evaluation of the radiographic infrapatellar fat pad sign of the contralateral stifle joint as a risk factor for subsequent contralateral cranial cruciate ligament rupture in dogs with unilateral rupture: 96 cases (2006-2007). *J Am Vet Med Assoc* 2014; 244(3): 328-338.
29. Piermattei DL, Flo G, DeCamp C. Rupture of cranial cruciate ligament. In: *Brinker, Piermattei and Flo's Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair*. 4th ed. St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier, 2006: pg. 229-230.
30. De Rooster H, Van Ryssen B, Van Bree H, Diagnosis of cranial cruciate ligament injury in dogs by tibial compression radiography. *Vet Rec* 1998; 142: 366-368.

31. Whitney WO. Arthroscopically assisted surgery of the stifle joint. In: Small animal arthroscopy; Beale BS, Hulse DA, Schulz KS (eds). Philadelphia, Pennsylvania: Saunders, 2003: pg. 117-157.
32. Kivumbi CW, Bennett D. Arthroscopy of the canine stifle Joint. *Vet Rec* 1981; 109: 241-249.
33. Miller CW, Presnell KR. Examination of the canine stifle: arthroscopy versus arthrotomy. *J Am Anim Hosp Assoc* 1985; 21: 623-629.
34. Van Gestel, MA. Diagnostic accuracy of stifle arthroscopy in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 1985; 21: 757-763.
35. Siemering GB, Eilert RE. Arthroscopic study of cranial cruciate ligament and medial meniscal lesions in the dog. *Vet Surg* 1986; 15: 265-269.
36. Whitney WO. Principles of arthroscopic meniscal treatment and stifle debridement. Proceedings of the 2001 Advanced International Arthroscopy Workshop, Ghent, Belgium, 2001.
37. Chandler JC, Whitney WO, Beale BS. Management of partial cranial cruciate ruptures with arthroscopic assisted tibial plateau leveling osteotomy. Proceedings of the 29th Annual Conference of the Veterinary Orthopedic Society, The Canyons, Utah, 2002.
38. Cook CR. Stifle ultrasonography. In: Advances in the canine cranial cruciate ligament. Iowa: American College of Veterinary Surgeons Foundation and Wiley-Blackwell 2010; pp 117-121.
39. Gnudi G, Bertoni G. Echography examination of the stifle joint affected by cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Vet Radiol Ultrasound* 2001; 42: 266–270.
40. Kramer M, Stengel H, Gerwing M, et al. Sonography of the canine stifle. *Vet Radiol Ultrasound* 1999; 40: 282–293.
41. Samii VF, Long CD. Musculoskeletal system. In: Small Animal Diagnostic Ultrasound, Nyland TG, Mattoon JS (eds), second edition. Philadelphia: WB Saunders, 2002, pp. 267–284.
42. Gielen I, Sauders J, Van Ryssen B et al. Computed tomography of the stifle. In:

- Advances in the canine cranial cruciate ligament. Iowa: American College of Veterinary Surgeons Foundation and Wiley-Blackwell 2010; pp 123-133
43. Scrivani PV. Magnetic Resonance Imaging of the stifle. Iowa: American College of Veterinary Surgeons Foundation and Wiley-Blackwell 2010; pp 136-133
  44. Baird DK, Hathcock JT, Kincaid SA, et al. Low-field magnetic resonance imaging of early subchondral cyst-like lesions in induced cranial cruciate ligament deficient dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 1998; 39: 167– 173.
  45. D’Anjou MA, Moreau M, Troncy E, et al. Osteophytosis, subchondral bone sclerosis, joint effusion and soft tissue thickening in canine experimental stifle osteoarthritis: Comparison between 1.5T magnetic resonance imaging and computed radiography. *Vet Surg* 2008; 37: 166–177.
  46. Martig S, Boisclair J, Konar M, et al. MRI characteristics and histology of bone marrow lesions in dogs with experimentally induced osteoarthritis. *Vet Radiol Ultrasound* 2007; 48: 105–112.
  47. Winegardner KR, Scrivani PV, Krotscheck U, Todhunter RJ. Magnetic resonance imaging of subarticular bone marrow lesions in dogs with stifle lameness. *Vet Radiol Ultrasound* 2007; 48: 312–317.
  48. Rubin DA. Magnetic resonance imaging: practical considerations. In: *Bone and Joint Imaging*, Resnick D, Kransdorf MJ (eds), third edition. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2005, pp. 118-132.
  49. Martig S, Konar M, Schmökel HG, et al. Low-field MRI and arthroscopy of meniscal lesions in ten dogs with experimentally induced cranial cruciate ligament insufficiency. *Vet Radiol Ultrasound* 2006; 47: 515– 522.
  50. Blond L, Thrall DE, Roe SC, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for meniscal tears in dogs affected with naturally occurring cranial cruciate ligament rupture. *Vet Radiol Ultrasound* 2008; 49: 425–431.
  51. Paatsama S: Ligament Injuries in the Canine Stifle Joint: A Clinical and Experimental Study. Helsinki, Kauppakirjapaino OY, 1952.

52. De Angelis M, Lau R: A lateral retinacular imbrication technique for the surgical correction of anterior cruciate ligament rupture in the dog. *J Am Vet Med Assoc* 157(1), 79-84, 1970.
53. Arnoczky SP, Tarvin GB, Marshall JL, Saltzman B: The over-the-top procedure, a technique for anterior cruciate ligament substitution in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 1979; 15(3): 283.
54. Slocum P, Devine T. Cranial tibial wedge osteotomy: a technique for eliminating cranial tibial thrust in cranial cruciate ligament repair. *J Am Vet Med Assoc* 1984; 184: 564–569.
55. Damur DM, Tepic S, Montavon PM. Proximal tibial osteotomy for the repair of cranial cruciate-deficient stifle joints in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2003; 16: 211–216.
56. Bruce WJ, Rose A, Tuke J, et al. Evaluation of the triple tibial osteotomy. A new technique for the management of the canine cruciate-deficient stifle. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2007; 20 (3): 159–168.
57. Montavon PM, Damur DM, Tepic S. Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. *Proceedings, 1st World Orthopedic Veterinary Congress, Munich, Germany, 2002*; 152.
58. Reif U, Dejardin LM, Probst CW, et al. Influence of limb positioning and measurement method on the magnitude of the tibial plateau angle. *Vet Surg* 2004; 33: 368–375.
59. Duerr F, Duncan C, Savicky R, Park R, et al: Comparison of Surgical Treatment Options for Cranial Cruciate Ligament Disease in Large-Breed Dogs with Excessive Tibial Plateau Angle. *Vet Surg* 2008; 37(1): 49-62.
60. Kuan S, Smith B and Black A. Tibial wedge osteotomy: complications of 300 surgical procedures. *Aust Vet J* 2009; 87 (11): 438 – 444.
61. Campbell KA, Payne JT, Doornink MT et al. Outcome of Tibial Closing Wedge Osteotomy in 55 Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles of Small Dogs (<15 kg). *Vet Surg* 2016; 45: 1056–1062.

62. Bailey CJ, Smith BA and Black AP. Geometric implications of the tibial wedge osteotomy for the treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2007; 20 (3): 159–168.
63. Wallace AM, Addison ES, Smith BA et al. Modification of the cranial closing wedge osteotomy technique for the treatment of canine cruciate disease. Description and comparison with standard technique. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011; 24 (6): 457–462.
64. Tuttle TA, Manley PA. Risk factors associated with fibular fracture after tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg* 2009; 38: 355–360.
65. Petazzoni M, Nicetto T. Combination of a TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy) and CCWO (Cranial Closing Wedge Osteotomy) for the treatment of a cranial cruciate ligament-deficient stifle with excessive Tibial Plateau Angle in a toy dog. *Veterinaria* 2011; 25(1): 45–50.
66. Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, et al. Radiographic Measurement of Canine Tibial Angles in the Sagittal Plane. *Vet Surg* 2008; 37: 300-305.
67. Corr SA, Brown C. A comparison of outcomes following tibial plateau levelling osteotomy and cranial tibial wedge osteotomy procedures. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2007; 20 (4): 312–319.