

45  
2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UN CLAVO  
INTRAMEDULAR BLOQUEADO COMO MEDIO DE  
OSTEOSÍNTESIS EN OSTEOTOMIAS DIAFISIARIAS  
TRANSVERSAS DE FÉMUR DE CANIDEOS” (*Canis Familiaris*)

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MEDICO (A) VETERINARIO (A) ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A N:  
**ANGÉLICA GONZÁLEZ GONZÁLEZ**  
**DIEGO MORALES MARTÍNEZ**

ASESORES:

M. V. Z. CARLOS GARCÍA ALCARAZ  
M. V. Z. LEONEL PÉREZ VILLANUEVA  
M. V. Z. HUGO LECONA BUTRÓN

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

264795



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Estudio experimental de un clavo intramedular bloqueado como medio de osteosíntesis en osteotomías diafisarias transversas en fémur de caninos"

que presenta la pasante: Angélica González González  
con número de cuenta: 9256751-3 para obtener el TÍTULO de:  
Médica Veterinaria Zootecnista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 12 de junio de 1998

PRESIDENTE	<u>MVZ. Carlos Manuel Appendini Fazzari</u>
VOCAL	<u>MVZ. Carlos García Alcaraz</u>
SECRETARIO	<u>MVZ. Fernando Viniegra Rodríguez</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>MVZ. Rodolfo Ibarrola Uribe</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MVZ. Luis Alejandro Vázquez López</u>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Estudio experimental de un clavo intramedular bloqueado como medio de osteosíntesis en osteotomías diafisarias transversas en fémur de canideos"

que presenta el pasante: Diego Morales Martínez  
con número de cueda: 9256660-2 para obtener el TITULO de:  
Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 12 de junio de 1998

PRESIDENTE	<u>MVZ. Carlos Manuel Appendini Tazzer</u>
VOCAL	<u>MVZ. Carlos García Alcaraz</u>
SECRETARIO	<u>MVZ. Fernando Viniegra Rodríguez</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>MVZ. Rodolfo Ibarrola Uribe</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MVZ. Luis Alejandro Vázquez López</u>

## AGRADECIMIENTOS

### A MIS PADRES:

Marcelino González Mercado y Juana González Mendoza

Como un testimonio de amor y eterno agradecimiento, por todo el apoyo y estímulos brindados con infinito amor y confianza, por sus constantes consejos y entera dedicación para formar de mí una persona útil, por infundir en mí el deseo de superación que hoy me ha permitido concluir mi formación profesional, pero sobre todo gracias a Dios por haberme dado unos padres como ustedes.

### A MIS HERMANOS

Rubén, Araceli y Sonia

Por todos y cada uno de los momentos que hemos vivido y compartido juntos, por sus palabras de aliento cuando las necesité, por su compañía en los momentos más difíciles de mi vida, por su apoyo incondicional y desinteresado para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

### A LA MEMORIA DE MIS ABUELITAS

Altagracia Villalobos Cortés y Agapita Murillo Diosdado

Por su amor y sus consejos,  
Porque gracias a ellos logre una  
de mis metas en la vida.  
Que la luz de Dios las ilumine,  
y el amor de Dios las envuelva,  
y la presencia de Dios vele por ustedes  
y su poder las proteja, y que  
Donde quiera que se encuentren Dios este con ustedes y yo también.  
En mi corazón y en mi mente siempre estarán presentes.

### A MIS PADRES

Diego Morales Murillo y Esperanza Martínez Villalobos

A ustedes por haberme inculcado el sentido de responsabilidad, honestidad y sed de triunfo,  
pero sobre todo gracias por permitirme vivir y cobijarme de amor y protección, por  
alentarme a continuar y alcanzar una de mis metas en la vida.  
Sobre todo doy gracias a Dios por tenerlos como padres.

### A MIS HERMANOS

Cristina, Juan, José, Mercedes, Guillermo, Silvia, Miguel, Federico, Carmen

Por compartir tantos momentos inolvidables y brindarme siempre una sonrisa y un aliento  
de superación, disciplina y perseverancia a pesar de los obstáculos que se presentan.

### A MIS SOBRINOS:

Para que esto sea un estímulo de superación y fuerza en sus estudios.

### A MIS CUÑADOS (AS)

Gracias por brindarme su amistad y comprensión incondicional, así como su apoyo moral,  
para este paso tan importante de mi vida

## AGRADECIMIENTOS

### A LOS M.V.Z.

Quienes han formado parte importante en nuestra formación profesional, y de igual manera gracias a quienes se vieron involucrados en la realización del presente.

### A LA FES. C.

Por haber sido el pilar y la cuna de nuestros conocimientos.

### A MIS COMPAÑEROS

Ana, David, José Luis, Lorenzo, Nelly, René y Sergio

Con quienes hemos convivido parte de nuestra formación profesional, a quienes estimamos y apreciamos con toda sinceridad y respeto.

### A NUESTROS AMIGOS

Dr. Hugo Lecona Butrón

Por habernos tenido confianza y brindado la oportunidad de realizar uno de sus proyectos, así como su asesoramiento y apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

Dr. Carlos Jiménez Morales

Por habernos brindado su apoyo incondicional y la oportunidad de colaborar con él en la práctica profesional.

### A LOS PERROS DOMÉSTICOS

Quienes sin saberlo son nuestra fuente de sabiduría y la ventana de nuestros errores.

## "LA ORACIÓN DEL PERRO"

Oh, señor de las criaturas:

Haz que el hombre, mi amo sea

Tan fiel para con los otros hombres,

Como yo lo soy para con él.

Haz que ame a su familia y a sus

Amigos como yo les amo.

Haz que guarde honestamente los

Bienes que tú le haz confiado, como

Honestamente yo guardo los suyos.

Dale oh señor una sonrisa fácil y

Espontánea, como fácil y espontáneo

Es el jugueteo de mi rabo.

Haz que él esté tan inclinado al

Agradecimiento, como yo estoy pronto

A lamer con cariño.

Conserva en él mi juventud de corazón

Y mi alegría de pensamiento.

Oh, señor de todas las criaturas:

Del mismo modo que yo soy siempre

Verdadero perro, haz que él sea siempre

Verdadero hombre.



## ÍNDICE

I. Introducción.....	1
I.1. Antecedentes científicos.....	5
I.2. Historia científica del clavo intramedular bloqueado.....	13
I.3. Planteamiento del problema.....	21
I.4. Justificación.....	21
I.5. Objetivos.....	22
I.6. Hipótesis.....	23
II. Metodología.....	24
II. 1. Técnica quirúrgica.....	27
II. 2. Post-operatorio.....	30
III. Resultados.....	32
III. 1. Evaluación de la deambulación.....	33
III. 2. Evaluación radiológica.....	34
III. 3. Complicaciones.....	36
IV. Discusión.....	43
V. Conclusión.....	48
VI. Recomendaciones.....	49
VII. Bibliografía.....	50
VIII. Anexo.....	55
VIII.1. Biomecánica.....	55
VIII.2. diagramas y vectores.....	57
VIII.3. Biomecánica del clavo bloqueado.....	62
VIII.4. Consolidación de las fracturas.....	64
VIII.5. Consolidación ósea indirecta.....	66
VIII.6. Consolidación ósea directa.....	66

## RESUMEN

Un gran porcentaje de los casos clínicos presentados al médico veterinario zootecnista dedicado a la clínica de pequeñas especies es de tipo ortopédico. Las fracturas diafisarias son las más comunes en el fémur del *Canis familiaris* y la elección de un implante adecuado como medio de osteosíntesis es difícil, lo más común es la utilización del clavo de Steinmann insertado en el canal medular, pero algunas de sus desventajas pueden ser la migración y rotación del implante, si embargo el clavo de Steinmann auxiliado de una fijación esquelética externa puede funcionar mejor.

Estudios experimentales en muchos países han evaluado la utilización de un clavo intramedular fijo al hueso por medio de pernos, al cuál denominaron clavo intramedular bloqueado. Dicho clavo resiste la carga axial y rotacional, evitando problemas de rotación o migración del implante, sin embargo en México la utilización de este medio de fijación hasta la fecha no se había evaluado completamente en ortopedia veterinaria de pequeñas especies.

Con base a lo anterior y a la idea original del Dr. Fernando Colchero Rozas se realizaron modificaciones al clavo intramedular bloqueado para poder utilizarlo en ortopedia de pequeñas especies.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar experimentalmente el tiempo de consolidación ósea, utilizando como medio de osteosíntesis el clavo intramedular bloqueado.

Para el desarrollo de este trabajo se emplearon nueve canideos, clínicamente sanos, a los cuales se les realizó una osteotomía diafisaria transversa y se les colocó un clavo intramedular bloqueado.

Al día siguiente post-cirugía se les permitió el movimiento libre para determinar el día de apoyo post-quirúrgico. Se evaluaron radiológicamente cada cuatro semanas para observar los cambios de consolidación que se presentaron. En general los cambios de consolidación fueron satisfactorios en la mayoría de los casos. Cuando radiológicamente no se observó la línea de fractura se retiró el implante.

En la mayoría de los casos el apoyo post-quirúrgico se presentó durante la primera semana, dicho apoyo no era permanente por lo que se presentó una claudicación de grado uno (poco perceptible), la consolidación de la fractura con este método de osteosíntesis se logró a las doce semanas en cinco casos y en los restantes a las dieciséis semanas. No se encontró diferencia significativa entre estos casos y los ya reportados por Durall, y Dueland.

## I. INTRODUCCIÓN

En la práctica de la Medicina Veterinaria en pequeñas especies los problemas ortopédicos ocupan un lugar preponderante ya que aproximadamente un 20 a 30 % de los casos presentados al Médico Veterinario se relacionan con fracturas y enfermedades de tipo óseo, que en forma primaria o secundaria repercuten en problemas de tipo ortopédico.

En las grandes urbes, debido al incremento en la población de animales de compañía (principalmente perros y gatos), el Médico Veterinario dedicado a la clínica de pequeñas especies, se enfrenta a un aumento en la cantidad de casos con pacientes politraumatizados por diversas causas (accidentes automovilísticos, caídas de alturas, y traumatismos en general), que presentan fracturas expuestas y no expuestas, las cuales además ocasionan diversas alteraciones como lesión a cavidad abdominal o torácica, daño neurológico, muscular o vascular, por lo cual el Médico Veterinario debe tener conocimiento del manejo de éstas, lo que ayuda a la recuperación óptima del paciente.

En el perro el fémur tiene la incidencia más elevada de fracturas, tratamientos quirúrgicos, pseudoartrosis y osteomielitis, debido a la proximidad del fémur con el tronco, la fuerte musculatura que lo rodea y la complejidad de muchas fracturas a menudo se hace difícil realizar una alineación y estabilidad adecuada. (5 y 33)

Todo traumatismo produce una lesión compleja, que afecta tanto al hueso como a las partes blandas circundantes. Inmediatamente después de producirse la fractura y durante la fase de reparación, se pueden observar trastornos circulatorios locales y manifestaciones de inflamación local, así como dolor e inmovilidad refleja. Estos tres trastornos circulatorios,

inflamación y dolor, son resultados de alteraciones funcionales de articulaciones y músculos, conduciendo a lo que se ha dado en llamar enfermedad de la fractura. (1 y 26)

Las fracturas diafisarias constituyen el mayor porcentaje de las lesiones femorales. La forma tubular y la estructura cortical de la diáfisis proporciona la resistencia necesaria para absorber y transferir las enormes fuerzas de apoyo del peso y de la contracción muscular. La elevada energía absorbida por el hueso; necesaria para crear una fractura, a menudo produce fracturas explosivas de tipo conminutas, es decir el hueso se fractura como consecuencia de una sobre carga mecánica.

Las fracturas diafisarias se caracterizan por la complejidad de la conminución y por la dificultad de la reparación. La extensa lesión del tejido blando y la pérdida del riego sanguíneo perióstico y medular, predisponen a esta zona cortical a problemas asociados con una revascularización inadecuada. (33)

Los tres tipos de fijación intramedular empleados actualmente con cierto grado de aceptación en Medicina Veterinaria son: El enclavamiento de Küntscher, el de Rush y de Steinmann.

Cada uno de estos tres métodos se aplica para proporcionar una fijación rígida del hueso cortical interno en el sitio de fractura específico; sin embargo el mecanismo por el cual se logra la fijación varía en los tres métodos. Los principios para cada uno son específicos, y las limitaciones o desventajas de cada método son también únicas. (5, 11, 28, 31 y 33)

Con el avance tecnológico el Médico Veterinario ha aumentado su capacidad de idear y elaborar constantemente nuevos métodos y técnicas para la resolución de la reducción de fracturas de cualquier tipo.

Actualmente los clavos intramedulares libres o auxiliados con una fijación esquelética externa son los mecanismos de osteosíntesis más empleados en Medicina Veterinaria para el tratamiento de fracturas diafisarias, sin embargo, es notable la inestabilidad y en consecuencia la falta de unión ósea que se produce con el uso de clavos medulares convencionales.

La fijación intramedular de fracturas de diáfisis femoral fue descrita primero por Küntscher antes de la Segunda Guerra Mundial, pero su método no fue ampliamente aceptado hasta los 60's en Estados Unidos. El enclavado intramedular cerrado para fracturas complejas de diáfisis de fémur fue primero descrita por Küntscher, y últimamente por Klemm y Schellmann en los 70's y finalmente popularizada por Kempf.

El clavo bloqueado fue desarrollado como un refinamiento del clavo de Küntscher, y se introdujo a Estados Unidos en 1981 y para muchos cirujanos ortopedistas humanos el clavo intramedular bloqueado es ahora el método preferido para la reparación de fracturas mediodiafisarias femorales y tibiales. (13,14, 15, 18 y 25)

En México, en el año de 1972 el Dr. Fernando Colchero Rozas inició una investigación con la finalidad de encontrar un medio de fijación para las fracturas, pseudoartrosis, osteotomias, pérdidas óseas, acortamientos y alargamiento de la tibia y el fémur, por lo cual se propuso la colocación de un clavo medular, que después se ajusta contra el hueso por

medio de tornillos, lo que estabiliza perfectamente la lesión, no importando el tipo de trazo de fractura que se trate, a este medio se le denomina clavo bloqueado. (8, 9 y 10)

El sistema de osteosíntesis que se presenta en este trabajo se basa en el clavo intramedular fijo al hueso por pernos del Dr. Fernando Colchero Rozas (1972), modificado para Medicina Veterinaria por el M.V.Z. Hugo Lecona Butrón, dicho implante se caracteriza por permitir la deambulación inmediata con apoyo total del miembro, provee estabilidad axial y rotacional, pueden dar también compresión interfragmentaria, buena rigidez a la inclinación, bajos índices de pseudoartrosis, y permite el tratamiento de fracturas complejas. (23)

## I. 1. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

La enfermedad de la fractura es un término usado por Müller en 1963 para describir el síndrome de contractura muscular, rigidez articular y osteoporosis como resultado de prolongada inmovilización de un miembro durante la curación de la fractura.

La enfermedad de la fractura tiene su origen en dos factores patogénicos principales: el dolor y la falta de estímulo fisiológico que el movimiento y los cambios de sollicitaciones mecánicas producen en el complejo osteomuscular. Dicha enfermedad es, por tanto, una situación clínica que se manifiesta con edema crónico; atrofia de partes blandas y osteoporosis parcheada. El edema, por si mismo induce la formación de fibrosis intermuscular y amiotrofia. Estos procesos fibróticos hacen que se formen adherencias antifisiológicas entre el hueso y la fascia, con la consiguiente rigidez de las articulaciones vecinas. (11, 26 y 33)

La fractura interrumpe, en fracciones de milisegundo, la integridad estructural y, con ello, la resistencia del hueso. El tipo de fractura depende, sobre todo, del tipo de fuerza ejercida y de la energía liberada. La fuerza de torsión da lugar a fracturas espiroideas, la avulsión a fracturas transversas y la flexión a fracturas oblicuas cortas, mientras que la compresión axial (especialmente en la metáfisis) tiene como consecuencia la impactación (fracturas sin contacto entre los principales fragmentos tras el restablecimiento de la longitud original del hueso).

El grado de fragmentación depende de la energía almacenada anterior al proceso de fractura. Por lo tanto las fracturas con tercer fragmento en cuña y las multifragmentarias están asociadas a una enorme liberación de energía.

La clasificación de las fracturas es una nómina basada en la Orthopedic Trauma Association (OTA), y se define como un sistema único de codificación global de los patrones de lesión musculoesquelético. (26, 30 y 33)

Un sistema de clasificación para fracturas de huesos largos en pequeños animales adultos fue descrito por Prieur en 1990. El sistema de clasificación es:

1. El hueso fracturado
2. El segmento de hueso
3. El área fracturada
4. El número de fragmentos

Los primeros dos números del sistema de clasificación definen la localización de la fractura, las dos últimas el tipo de fractura.

El primer número del código indica el número de fractura.

1. Húmero
2. Radio y Ulna
3. Fémur
4. Tibia

El segundo número indica el segmento de hueso fracturado

- \_ 1 Proximal
- \_ 2 Diáfisis
- \_ 3 Distal

El tercer número indica el área fracturada

\_\_\_. 1 Menos del 5 % de la longitud del hueso

\_\_\_. 2 Entre 5 y 25 % de la longitud del hueso

\_\_\_. 3 Más del 25 % de la longitud del hueso

El cuarto número en el código corresponde con el número de fragmentos implicados

\_\_\_\_. 2 Fractura de dos fragmentos

\_\_\_\_. 3 Fractura de 3 fragmentos

\_\_\_\_. 4 Cuatro o más fragmentos

Aplicación del método (ejemplo).

Una fractura conminuta medio disfiaria de fémur es clasificada como 3.2.2.4 (3=fémur, 2= diáfisis, 2= 5-25% de la longitud del hueso, y 4= más de 4 fragmentos). (11)

Así mismo las fracturas que involucran al fémur se clasifican de la siguiente manera:

Tercio proximal:

Fractura de la cabeza del fémur

Fractura separación de la epífisis proximal femoral

Fractura del cuello femoral

Fractura del trocánter mayor con o sin luxación de la cabeza femoral

Tercio distal:

Fractura supracondílea

Fractura supracondílea de la fisis distal del fémur

Fractura intercondílea e intracondílea

## Fracturas del cuerpo de fémur

Transversas

Oblicuas

En espiral

Múltiples

Rama verde en pacientes jóvenes

Conminuta (29)

El tipo de fractura es importante para considerar las fuerzas que se tienen que neutralizar mediante el mecanismo de fijación interna; una fractura transversa supone fuerzas rotacionales y de inclinación, las fracturas oblicuas; fuerzas de cizallamiento, de inclinación y rotacionales y las fracturas conminutas, fuerzas de compresión, rotacionales y de inclinación. (26, 29 y 32)

La reducción de una fractura se refiere al proceso de colocación de los fragmentos de un hueso fracturado en su posición original. Cuando un hueso se fractura, todos los músculos circundantes se contraen al máximo sobreponiéndose los fragmentos y por lo tanto deformando el miembro fracturado; la contracción espástica, además se intensifica por el daño que también ellos sufren; la tensión causada por el espasmo muscular es constante y continua a tal grado que cualquier tipo de manipulación producirá un intenso dolor en el miembro afectado con la consecuente respuesta por parte del paciente. (3)

La reducción de una fractura se divide en dos; Reducción cerrada cuando no se abre el foco de fractura y la alineación de los fragmentos se realiza con la ayuda de guías y el apoyo

radiológico durante y después de la cirugía, como con el clavo intramedular libre o externa como en el caso de los fijadores esqueléticos externos. La reducción abierta, a diferencia de la anterior se tiene que hacer un abordaje quirúrgico para exponer el trazo de fractura y realizar la reducción en forma directa, siendo más fácil que la reducción cerrada. (3 y 5)

El método de reparación de las fracturas se basa principalmente en el tipo y localización de la fractura, el tamaño y la edad del animal, así como cuantos huesos o extremidades están afectadas y la enfermedad concomitante de tejidos blandos. Otros de los factores que debe considerarse incluye el comportamiento y el medio que rodea al animal, la cooperación del propietario durante el periodo de recuperación, y lo que se espera del animal después de la unión ósea. El tamaño, la edad y el temperamento del animal son factores evidentes en la selección de un implante correcto. Además, el Médico Veterinario debe tomar en cuenta el costo, la experiencia quirúrgica y la disponibilidad del equipo y asistencia técnica. (3, 5, 31 y 33)

Es mejor proporcionar lo ideal para la fijación o remitir al animal a un especialista que comprometer los principios de reparación de las fracturas. Lo que comienza como un caso aparente simple puede convertirse en un proceso largo y desagradable. (33)

Aunque se han recomendado los fijadores con medio clavo de Kirschner como el método para tratar las fracturas femorales, la resistencia de la fijación no es tan fuerte como con las placas y los mecanismos intramedulares. La utilización de dichos fijadores como un método de fijación principal se tiene que considerar con precaución. Sin embargo, ofrece mucho apoyo suplementario necesario para las técnicas de fijación intramedular en el tratamiento de las fracturas femorales. (33)

A pesar de que la fijación esquelética externa ha sido recomendada como tratamiento de fracturas femorales, la rigidez que provee no es tan grande como la que se logra con el uso de placas o clavos intramedulares. El uso de la fijación esquelética externa en fémur debe considerarse en forma cuidadosa. La principal indicación del uso del fijador esta en el tratamiento de fracturas transversas o conminutas donde la fijación intramedular con un clavo de Steinmann no elimine las fuerzas de rotación. En estos casos al emplear el aparato como fijación auxiliar se logra la estabilidad adecuada para llevar a cabo la formación del callo óseo. (4, 26 y 33)

El uso de cerclajes como único método de fijación interna para la reparación de fracturas o como auxiliar secundario de otros métodos de fijación interna como el clavo intramedular de Steinmann en ortopedia veterinaria de pequeñas especies no ha sido del todo aceptado por muchos Médicos Veterinarios; esto se debe a que ocasionalmente no se ha tenido el resultado esperado, siendo esto la causa de su inapropiado uso e inadecuada técnica de aplicación. (2 y 33)

En cuanto a su uso, los cerclajes están indicados en conjunto con el clavo intramedular de Steinmann para fracturas de tipo oblicuas o en espiral de huesos largos las cuales son vistas más comúnmente en perros jóvenes.

La parte más circular y recta de la diáfisis del hueso largo es mecánicamente ideal para la colocación de cerclajes; esto es generalmente aplicable al tercio medio del húmero, tercio medio de la tibia y tercio medio del fémur. Las áreas metafisiales de muchos huesos largos que rápidamente cambian de diámetro poseen problemas específicos para la colocación y correcta funcionalidad de los cerclajes. (2 y 33)

El uso de hemicerclajes ha sido desarrollado también en combinación con el clavo intramedular de Steinmann; los hemicerclajes son efectivos en reforzar fisuras longitudinales que llegan a formarse en la corteza del hueso largo; muchas veces también previene la rotación y el deslizamiento de los fragmentos, además del desplazamiento de las fracturas oblicuas.

Las técnicas de placas de osteosíntesis ofrecen una estabilización rígida de la fractura contra la carga axial y rotacional pero no contra la de inclinación que es la que generalmente desprende al implante. Otros de los problemas serios que podemos encontrar cuando fallan uno de estos implantes, es la realización de una mala técnica quirúrgica o cuando existe una mala elección del tamaño y número de implantes. (2, 4, 20 y 33)

La fijación interfragmentaria con tornillos de compresión, cerclajes y clavos transcorticales se pueden utilizar en las fracturas conminutas. Se debe cuestionar el uso independiente de tornillos óseos en el tratamiento de las fracturas de la diáfisis femoral a causa de la inadecuada resistencia de fijación.

Hasta hace algunos años el método más frecuente de fijación intramedular era el clavo de Steinmann único insertado en forma retrógrada. Los clavos intramedulares proporcionan una alineación longitudinal (axial). El uso del clavo intramedular de Steinmann está indicado para fracturas oblicuas cortas o transversas del tercio medio o diáfisis, puede ser aplicada en conjunto con cerclajes o hemicerclajes. (2, 32 y 33)

También se han desarrollado clavos con formas diferentes (diamante, trébol, en forma de V) con la finalidad de ajustarse a la corteza interna del hueso y por lo tanto mejorar la estabilidad debido a las variaciones en el diámetro de la cavidad medular, en la longitud y curvatura de los huesos largos, la inserción de los mismos es difícil y puede haber complicaciones. (29 y 31)

Como único medio de fijación, los clavos redondos se utilizan principalmente en fracturas estables. La estabilidad angular y la longitud se logran con la fijación rígida del clavo en ambos extremos del hueso; el contacto del clavo con el endostio debe tener aproximadamente el diámetro de la cavidad medular en el sitio de la fractura de cualquier manera la curvatura del hueso, las variaciones en el diámetro de la cavidad medular y la naturaleza de la fractura tendrá influencia sobre el diámetro del clavo.

Esta técnica puede ser aplicada a fémur, tibia, húmero, cúbito y algunos huesos cortos. (2, 3, 5, 7 y 20)

### III. HISTORIA CIENTÍFICA DEL CLAVO INTRAMEDULAR BLOQUEADO

En 1940, Küntscher informó sobre el uso de un clavo intramedular grande para el tratamiento de fracturas de huesos largos en pacientes humanos, junto con experimentos exitosos en perros. Jenny informó sobre las aplicaciones clínicas del enclavamiento intramedular de Küntscher en perros, ya en 1943. Más tarde, se describió un clavo intramedular redondo de acero inoxidable, para tratar las fracturas femorales en caninos. El método se aceptó con entusiasmo para tratar fracturas de fémur, húmero y tibia en los animales. El enclavamiento intramedular era simple, versátil y a menudo más efectivo que otras fijaciones esqueléticas y técnicas de tracción, introducidas antes por Stader y Schroeder. (8, 10, 14, 25 y 31)

De cualquier modo el método de fijación descrito por Küntscher no fue ampliamente aceptado en los Estados Unidos hasta 1960. Las técnicas de Küntscher obviamente necesitaban de inmovilización externa, previniendo así complicaciones tales como atrofia muscular, rigidez articular, estancamiento venoso.

El clavo Küntscher hueco ranurado quedó como el prototipo de osteosíntesis. La fuerza de fijación provista por dicho clavo depende de su contacto con el endostio por lo tanto en fracturas conminutas y en espiral, y fracturas proximal o distal para el istmo femoral, el clavo Küntscher es relativamente contraindicado porque la osteosíntesis es propensa a rotación y acortamiento. (6, 12, 13, 14 y 15)

Las complicaciones más frecuentes en fracturas femorales son:

- a) Migración del implante debido al empleo incorrecto en el fragmento distal o inestabilidad en el foco de fractura.
- b) Deformidad rotacional (usualmente una rotación externa en el fragmento proximal como resultado del tirón del músculo iliopsoas) y daño al nervio ciático como resultado de la aplicación incorrecta de la técnica o daño postoperatorio de excesiva prominencia del final proximal del clavo.
- c) La frecuente complicación intraoperatoria es la presentación inadvertida del área cortical del hueso junto con la rigidez articular y disrupción de la reducción cuando se inserta el clavo. (6 y 16)

En 1968 Küntscher invento el llamado "Detensor" del clavo, en el cual dos tornillos lo atravesaban transversalmente y con agujeros prefabricados en el cuerpo del mismo clavo en la parte alta y baja de la línea de fractura, no sujetando directamente el clavo en la cortical del hueso.

En 1972 Klenn y Shelman hicieron modificaciones de la idea original de Küntscher y crearon un clavo con una apertura oblicua proximal, esta apertura tubo una inclinación de 150 grados y que sujeta un tornillo del trocánter mayor hacia el trocánter menor, estos fueron dos sin bloqueo abierto en la parte distal del clavo para la inserción de dos tornillos. (6, 14 y 25)

El clavo bloqueado se desarrollo como un refinamiento del clavo de Küntscher. Un clavo bloqueado es un recurso de tratamiento para fracturas, usualmente es de forma redonda el

cual es insertado dentro del canal medular y fijado en el hueso con tornillos, pernos y otros medios. (13 y 14)

Cuando tornillos bloqueadores son colocados proximal y distal al sitio de fractura la fijación es llamada bloqueo estático (Fig. 1 a). Cuando el bloqueo es colocado únicamente proximal o distal a la fractura es llamado bloqueo dinámico porque la carga deformante causa compresión axial (Fig. 1 b). Por transferir la carga que se aplica al miembro a través del enclavado intramedular bloqueado estáticamente, el estrés a través del sitio de fractura es minimizado y la reducción del trazo es protegida durante la rehabilitación precoz del miembro.

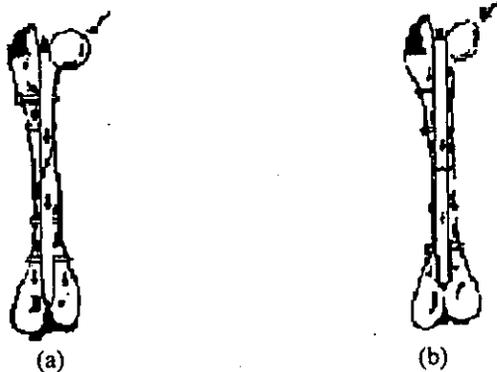


Fig. 1 a) Bloqueo estático y b) Bloqueo dinámico

El uso de clavos bloqueados es el tratamiento preferido sobre todo para fracturas diafisarias de fémur. (7, 14 y 16)

El clavo bloqueado femoral fue introducido en Estados Unidos en 1981 y ahora es el método aceptado de tratamiento para fracturas más complejas de la diáfisis femoral.

Aunque el clavo intramedular bloqueado ha sido evaluado experimentalmente en perros (Johnson y Huckstep 1986, Georgiadis 1990, Dueland y otros 1991) poca información publicada con respecto a su aplicación clínica nos es útil. (6, 15, 18 y 25)

No hay un método aplicable de tratamiento para todos los tipos de fracturas. Este es un campo de la Cirugía Veterinaria en el cuál " Arte y Ciencia " están combinadas. Los varios métodos de fijación son ampliamente repasados y ningún implante ni método de fijación de fracturas es perfecto; ventajas, desventajas y ciertos riesgos son inherentes para todos aquellos.

La elección del método de fijación debe ser realizada con base al tipo y localización de la fractura, tamaño, temperamento y edad del animal. Los objetivos finales del tratamiento de alguna fractura son definidos por el grupo AO/ ASIF y pueden ser resumidos en cuatro puntos principales:

- 1.- Reducción anatómica de los fragmentos de la fractura.
- 2.- Preservación del suministro de sangre para fragmento de hueso y tejidos blandos.
- 3.- Fijación interna estable y actividad temprana.
- 4.- Movimiento libre de dolor y soporte total de su peso.

Los clavos tienen la ventaja de ser razonablemente económicos y el equipo requerido no es caro, menos tiempo quirúrgico, se acorta el tiempo de operación particularmente por su extracción y su técnica simple. Ellos son superiores a las placas desde el punto de vista biomecánico por su alta resistencia a la inclinación, fuerzas de torsión y carga axial. (6 y 16)

En humanos fracturas de huesos largos comúnmente son estabilizadas con clavo intramedular bloqueado. Para fracturas segmentarias, femorales o conminutas los clavos intramedulares bloqueados son el tratamiento de elección. El clavo provee buena estabilidad contra fuerzas de inclinación, mientras el bloqueo con tornillos acorta la inestabilidad controlando carga axial y rotacional. Técnicas de inserción cerrada son frecuentemente usadas dando como resultado reducción del tiempo de operación, trauma quirúrgico mínimo y consecuentemente menos complicaciones postoperatorias. (25)

En Medicina Humana, en el año de 1972 el Dr. Fernando Colchero Rozas inició una investigación con la finalidad de encontrar un medio de fijación interna para las fracturas, pseudoartrosis, osteotomías, pérdida ósea, acortamientos y alargamiento de la tibia y del fémur, que permitiera la marcha de inmediato con apoyo total de la extremidad operada, basándose en los cuatro conceptos de la AO/ASIF. La primera idea fue la de desechar cualquier material que tuviera que colocarse en la parte exterior del hueso debido a que las sollicitaciones mecánicas principalmente la flexión tiende a desprenderlo. Se prefirió utilizar un clavo que por estar alojado en el conducto medular resistiera mejor esa flexión.

Sin embargo, un clavo libre solamente estabiliza las fracturas transversales o ligeramente oblicuas situadas en el istmo del conducto medular. Si la fractura, aunque transversal, se encuentra en otro lugar del hueso, o bien estando en el istmo de su trazo es oblicuo largo, esperiodeo o conminuta, o hay ausencia del fragmento de la diáfisis, se produce movilidad que tiende a producir pseudoartrosis.

Por lo anterior se comprendió que para obtener estabilidad con un clavo intramedular en todas las lesiones de fémur, tibia y húmero, era preciso que aquel se fijara al hueso. Esto

había que lograrlo atravesando pernos por un clavo que tuviera orificios, atornillándolos al hueso proximal y distal a la fractura, siempre en hueso íntegro. (8, 9 y 10)

El clavo que diseñó el Dr. Colchero se caracterizó por tener seis orificios a lo largo de su eje mayor en los que se pueden atravesar pernos en el hueso no fracturado, que han de quedar proximal y distal al trazo.

El principal problema que se presenta durante la cirugía con este clavo o con los sistemas de bloqueo, es de localizar sus orificios una vez dentro del hueso. Para los clavos huecos se están utilizando métodos muy complicados basados en el uso del intensificador de imágenes que, además de ser un procedimiento difícil atenta contra la salud del equipo quirúrgico, debido a la emanación de radiaciones.

En razón de lo anterior se diseñó el método de regletas para localizar los orificios del clavo, y que resultaron simples y seguros, sin provocar el menor peligro a la salud del personal del quirófano. (9 y 10)

Con base a lo anterior el M.V.Z. Hugo Lecona Butrón tuvo la inquietud de realizar algunas modificaciones al clavo Colchero para su utilización en Medicina Veterinaria.

Dicho sistema de osteosíntesis se caracteriza por permitir la deambulación inmediata con apoyo del miembro enfermo, no importando el trazo, la localización, ni aun la presencia de una pérdida ósea.

El sistema de osteosíntesis se basa en los principios de los clavos intramedulares. Por ello, se pensó en utilizar un clavo sólido de acero inoxidable de gran resistencia, el cual además

presenta dos orificios en la parte proximal y dos en la parte distal, en los cuales se colocan pernos que nos permiten obtener una mayor estabilidad a la carga axial y rotacional del hueso (Fig. 2 a).

Para la localización de los orificios del clavo en el hueso se diseño una regleta con perforaciones, guías las cuales permiten el paso de la broca y los pernos en el hueso, impactor el cual sirve para fijar el clavo a la regleta, punzón, medidor y desarmador para fijar los pernos al hueso (Fig. 2 b). (9 y 23)

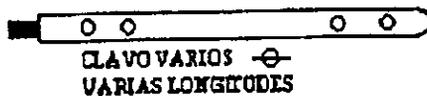


Fig. 2 a Clavo intramedular bloqueado de acero inoxidable, con dos orificios proximales y dos distales, y pernos de acero inoxidable.

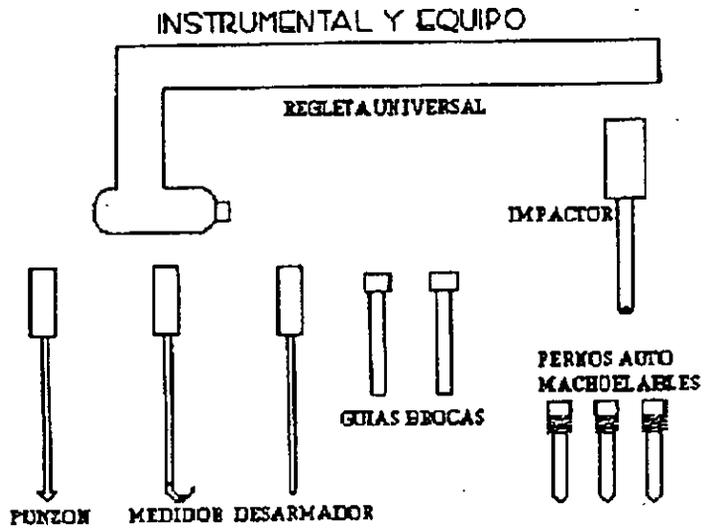


Fig. 2 b Esquema de la regleta guía y accesorios utilizados para la colocación del clavo intramedular bloqueado

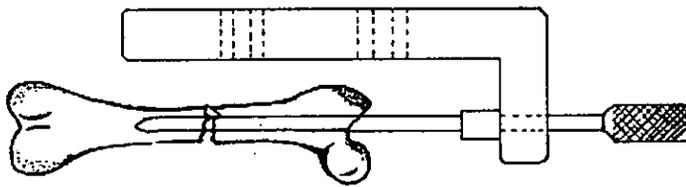


Fig. 2c Forma correcta de la colocación de la regleta guía y clavo intramedular bloqueado en el fémur osteotomizado.

### I.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hasta la fecha se conocen un sin número de complicaciones de la reparación de las fracturas diafisarias de fémur en los *Canis familiaris* tratadas con placas de compresión, fijación esquelética externa o con clavo Steimann libre; de los cuales al fracasar, en la mayoría de los casos hay que reintervenir al paciente para reintegrarlo a sus actividades, por lo que no podemos tener un perro limitado de su actividad por corto que sea el tiempo.

Hoy en día con los avances científicos y tecnológicos, el Médico Veterinario especializado en pequeñas especies ha logrado tener más éxito en la reparación de fracturas de fémur en perros domésticos, con la utilización del clavo intramedular bloqueado; sin embargo se dispone de poca información y aceptación de dicho método.

### I.4. JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD

En Medicina Veterinaria y Zootecnia, son muy comunes las fracturas diafisarias de fémur debido a traumatismos, el clavo intramedular bloqueado representa una opción más segura para el tratamiento de estas; debido a que proporciona una excelente estabilidad rotacional a la carga axial y a la angulación, sin una desperiostización mayor a la que se lleva a cabo con la colocación de placas y sin contacto con el medio externo como en el caso de los fijadores, que en algunas ocasiones puede predisponer a infección.

La finalidad del presente estudio es proporcionar más información acerca del funcionamiento del clavo intramedular bloqueado, para que de este modo el Médico Veterinario dedicado a la ortopedia de pequeñas especies, tenga otra opción más para la reparación de las fracturas diafisarias de fémur.

## I.4. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar la consolidación ósea de osteotomías diafisarias transversas en fémur de Canis familiaris utilizando como método de osteosíntesis un clavo intramedular bloqueado, adaptado por el M.V.Z Hugo Lecona Butrón de Medicina Humana a Medicina Veterinaria.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Evaluación clínico radiológica de la consolidación ósea de las osteotomías diafisarias transversas en fémur de Canis familiaris.
- b) Establecer la técnica de enclavado intramedular con bloqueo para el tratamiento de fracturas diafisarias en fémur de Canis familiaris.
- c) Proporcionar al Médico Veterinario Zootecnista una opción más para el tratamiento de fracturas diafisarias en fémures de Canis familiaris utilizando el clavo intramedular bloqueado.
- d) Proporcionar un método sencillo, rápido y eficaz para la práctica de la Medicina Veterinaria.

### I.5. HIPÓTESIS

Si se utiliza un clavo intramedular bloqueado como método de osteosíntesis en fracturas diafisarias transversas de fémur de *Canis familiaris*, entonces obtendremos una consolidación segura.

## II. METODOLOGÍA

El tipo de experimentación de este estudio es prospectivo, longitudinal y experimental, a continuación se explica el porque de esta clasificación.

**Prospectivo:** Estudio en el que toda la información se recogerá de acuerdo con los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación, después de la planeación de esta.

**Longitudinal:** Estudio en que se mide en varias ocasiones la o las variables involucradas. La información se colecta a medida que transcurre el tiempo y se emplea cuando se desea conocer la evolución de un fenómeno en determinado lapso. Es decir, la comparación de la, o las variables de cada unidad en las diferentes ocasiones.

**Experimental:** Estudio en el que el investigador modifica a voluntad una o algunas variables del fenómeno estudiado.

Los perros domésticos utilizados para el presente trabajo fueron obtenidos por donación del Antirrábico Luis Pasteur al Instituto Nacional de Ortopedia.

El criterio que se utilizó para seleccionar a los perros domésticos fue:

Talla mediana

Peso (20- 25 kg)

Sexo indistinto

Temperamento tranquilo

Clínicamente sanos

Se seleccionaron nueve perros domésticos y las características de cada uno de ellos se describe en la siguiente tabla:

PERRO No	SEXO	EDAD APROX	PESO	RAZA
1	Hembra	8 meses	20 kg	Mestizo
2	Hembra	7 meses	22 kg	Mestizo
3	Macho	8 años	25 kg	Mestizo
4	Hembra	2 años	23 kg	Mestizo
5	Macho	4 años	25 kg	Mestizo
6	Macho	9 años	25 kg	Mestizo
7	Hembra	3 años	20 kg	Mestizo
8	Macho	10 meses	23 kg	Mestizo
9	Hembra	6 años	25 kg	Mestizo

A su llegada, a todos los perros se les realizó lo siguiente:

Baño (jabón asuntol Lab. Bayer)

Desparasitación interna y externa con Ivermectina a dosis de 15 g/Kg Sc

Evaluación de constantes fisiológicas: Temperatura, F.c, F.r

Expediente con historia clínica individual

Vacunación antirrábica (Lab. Virbac)

La vacunación antirrábica se realizó al día siguiente de su llegada y diez días después se programaron para cirugía.

Los perros fueron alojados en una habitación de 6 x 6 m la cual fue dividida en 6 partes de 2 x 2 m con malla de acero.

La iluminación de la habitación fue por medio de dos focos de 100 wats, la ventilación se dio por medio de dos ventanas localizadas en la habitación, las cuáles permanecieron abiertas durante el día y cerradas por la noche, la limpieza y desinfección (con agua, jabón e hipoclorito de sodio) se realizaba diariamente en las mañanas, este momento se aprovechaba para pasear a los perros una vez operados (rehabilitación).

La alimentación de los perros fue con croqueta y agua a libre acceso.

Para el desarrollo del presente estudio se dividió el total de nueve perros domésticos en dos grupos, un primer grupo de cinco perros domésticos y el segundo de cuatro.

Los animales se bañaron nuevamente diez días después de su llegada y se mantuvieron en ayuno doce horas antes de la cirugía.

Se les tomo control radiológico craneo caudal (CC) y lateral (L) de fémur derecho para realizar la medición del hueso y determinar diámetro y longitud del clavo y pernos que se utilizarían en cada caso. (Tabla No. 1)

La preparación cuidadosa del paciente es importante para asegurar el éxito final. La primera parte se inició fuera del quirófano, en el cuarto de preparación y consistió en lo siguiente:

Se pesó al *Canis familiaris* para calcular la dosificación del tranquilizante y anestésico.

La tranquilización del *Canis familiaris*, se llevo a cabo con la administración intramuscular de Hidrocloruro de Xilacina a dosis de 0.6 mg/kg (Rompún Laboratorio Bayer), se esperó por lo menos 5 minutos para lograr el efecto deseado y a continuación se procedió a realizar la antisepsia de la parte craneal del miembro torácico derecho para la colocación del cateter intravenoso, venoclisis y se administró la solución salina fisiológica al 0.9%, la inducción a la anestesia general se realizó con Tiopental sódico a dosis de 9mg/kg vía endovenosa (Sodipental 500 Laboratorio Pisa).

Enseguida con ayuda de una rasuradora eléctrica el miembro pélvico derecho de cada perro doméstico fue depilado al ras del pelo, el cual se eliminó tanto por la cara interna y externa. El paciente se transportó al quirófano donde se ubicó en la mesa de cirugía con una posición de decúbito lateral izquierdo y se le colocó una sonda endotraqueal para la conducción de la anestesia inhalada con Halotano (Fluothane Laboratorio Zeneca Mexicana).

Se realizó la antisepsia de la zona quirúrgica y del miembro pélvico derecho, para lo cual un ayudante sin equipo estéril sujetó el miembro tomándolo con la punta de los dedos y manteniéndolo suspendido, dicha antisepsia se realizó con una serie de lavados con yodo espuma, utilizando gasas estériles se lavó el miembro pélvico derecho por la cara interna y externa comenzando por la porción proximal, el exceso de yodo se retiró con gasas estériles, posteriormente el cirujano con colaboración del primer ayudante, envolvió el extremo de dicho miembro con un campo estéril, al tiempo que el ayudante no estéril retiró su mano, evitando cualquier contaminación, dicho campo se fijó con pinzas para campo.

A continuación se introdujo el miembro pélvico por la abertura de un campo hendido, quedando su comisura inferior a nivel de ingle, y se procedió a colocar los campos protegiendo la zona quirúrgica.

## II. 1. TÉCNICA QUIRÚRGICA

Todas las cirugías se realizaron a foco abierto, se utilizó un mango para bisturí del número 4 y una hoja del número 22 y se procedió a hacer la incisión de la piel a lo largo de la superficie craneolateral de fémur. Se inició en el tercio proximal y finalizó distalmente en el tercio distal del mismo hueso. (Fig 3)

Se incidió tejido subcutáneo en la misma línea, la fascia lata y la aponeurosis de inserción del músculo bíceps femoral a lo largo de la superficie craneolateral del fémur. (Fig. 4)

El músculo bíceps femoral fue retraído caudalmente y el músculo vasto lateral (músculo cuádriceps femoral) junto con la fascia lata fueron retraídos cranealmente, con los separadores de Farabeuf. De esta forma quedó expuesta la diáfisis femoral, sitio en el cuál se realizó la osteotomía. (Fig. 5 y 6)

Una vez localizada la diáfisis femoral con una legra se procedió a desperiostizar la zona en la cual se realizó la osteotomía, se colocó la cierra de Lys alrededor de dicha diáfisis y se realizó la osteotomía.

Se tomó con una pinza para hueso la porción proximal del mismo y se amplió el canal medular en forma retrógrada con una broca de seis milímetros de diámetro (con un taladro inalámbrico) hasta llegar a la fosa intertrocanterica, la cual se atravesó, posteriormente se tomó con la pinza para hueso la porción distal del hueso y se procedió a realizar el mismo procedimiento con precaución de no entrar a la articulación de la rodilla.

El clavo bloqueado fue colocado de forma retrógrada, saliendo por el orificio realizado previamente en la fosa intertrocanterica. Se fijo el clavo en el impactor, se retrajo un poco hacia proximal y se redirigió para pasarlo a lo largo de todo el canal medular reduciendo la osteotomía.

Una vez introducido el clavo dentro del canal medular se procedió a colocar la regleta guía, la cual va enroscada en la parte proximal del clavo y ubicada en la parte externa de la pierna, la cual es fijada al clavo por medio del impactor. Dicha regleta tiene diez orificios distribuidos a lo largo de todo su cuerpo, mediante ella se localizaron los orificios del clavo en el hueso.

Para realizar los orificios en el hueso, se colocó una guía en uno de los orificios (previamente ubicado) proximales de la regleta, se introdujo en la guía una broca de 2.9 mm para perforar el hueso en ambas corticales, con un taladro inalámbrico se realizó dicha perforación.

Ya realizada la perforación del hueso en el clavo, se procedió a la colocación del perno a través de la guía, el cual fue roscado con un desarmador para fijarlo a las corticales del hueso.

Posteriormente se procedió a realizar lo mismo para la colocación de los tres pernos subsecuentes.

Se tomaron placas radiográficas CC y L para verificar la posición adecuada de los pernos y se retiró el impactor y la regleta dejando el clavo intramedular bloqueado.

Se procedió a suturar por planos con sutura absorbible (Vicryl 2-0), los musculos y la fascia lata fueron suturados con puntos en X y la piel con punto separados.

Se colocó apósito y vendaje, el cual se revisó y cambió al segundo día.

## II. 2. POSTOPERATORIO

Se les administró como terapia médica post-quirúrgica Dicloxacilina (Penclox solución inyectable de 250 mg Laboratorio Pisa) a dosis de 30 mg por kg de peso vía intramuscular durante 5 días, la analgesia se realizó con Piroxicam (Feldene Laboratorio Pfizer) a dosis de 0.03mg por kg de peso durante tres días.

Los Canis familiaris se mantuvieron en una habitación donde se les permitió el movimiento libre desde el primer día post-cirugía, para determinar en que momento presentarían un apoyo post-quirúrgico y en cual un apoyo permanente. La alimentación fue a base de croqueta y agua a libre acceso.

Se evaluaron a los Canis familiaris radiológicamente cada cuatro semanas durante doce y dieciséis semanas, para observar los cambios de consolidación que se presentarían en cada caso, cuando desapareció la línea de fractura se decidió retirar el implante, clínicamente se evaluó la evolución de la consolidación por medio de la palpación en la zona afectada, y por el desplazamiento y apoyo del miembro afectado en los perros domésticos.

El retiro del implante se realizó con las mismas medidas de tranquilización, anestesia general y asepsia que para todas las cirugías. Se hizo una incisión en piel y músculo en la región de la fosa intertrocanterica para localizar la parte proximal del clavo en donde se colocó la regleta guía ubicándola sobre la superficie lateral del fémur y de esta manera se localizaron los pernos. Una vez localizados se retiró la regleta y se colocó el impactor en la parte proximal del clavo. La localización de los pernos se puede hacer también por palpación de los mismos en la diáfisis femoral.

Para retirar los pernos se realizó una incisión en piel y músculos en el área donde se localizaron y auxiliándose con un desarmador se desatornillarón y se retiraron.

Una vez retirado los pernos se jaló el impactor con movimientos rotatorios para retirar el implante. Se suturo músculo con puntos en X y piel con puntos separados utilizando sutura absorbible.



Acercamiento a la diáfisis del fémur

Fig. 3 Localización anatómica del fémur



Fig. 4 Incisión de piel, tejido subcutáneo, fascia lata y aponeurosis del biceps femoral.



Fig. 5 Retracción caudal del musculo biceps femoral, y retracción craneal



Fig. 6 Exposición de la diafisis femoral.

### III. RESULTADOS

Durante el desarrollo de la técnica quirúrgica no se presentó ninguna complicación operatoria de gran importancia, en general la técnica de colocación del clavo resultó ser sencilla. En lo que se refiere al tiempo quirúrgico el menor fue de media hora y el mayor de hora y media. En el caso número 1 se colocó dos pernos proximales y uno distal; en los casos número 2, 4, 5 y 6 se colocaron dos pernos proximales y dos distales; en los casos número 7, 8 y 9 solo se colocó un perno proximal y dos distales, en la mayoría de estos casos no hubo complicación alguna durante el proceso de cirugía, excepto el caso número 1, en el cual no se pudo localizar el segundo orificio distal del clavo y debido a ello el perno no se colocó.

Para estos casos se utilizaron clavos de acero inoxidable de 316 L de 6 mm de diámetro por 160 y 180 mm de longitud y pernos de 2.9 mm de diámetro por 30 y 35 mm de longitud; la distribución de pernos y clavos así como su medida y longitud utilizados específicamente en cada caso se mencionan en la tabla.1

Tabla No 1 Características de los perros domésticos y de los implantes utilizados en cada caso.

CASO No	CARACTERÍSTICAS	IMPLANTE
1	8 meses, hembra, 20 kg	DC: 6mm: LC:160mm:PP:2:PD:1:2.9mm
2	7 meses, hembra, 22 kg	DC: 6mm: LC:160mm:PP:2:PD:2:2.9mm
3	8 años, macho, 25 kg	DC: 6mm: LC:160mm:PP:2:PD:2:2.9mm
4	2 años, hembra, 23 kg	DC: 6mm: LC:160mm:PP:2:PD:2:2.9mm
5	4 años, macho, 25 kg	DC: 6mm: LC:180mm:PP:2:PD:2:2.9mm
6	9 años, macho, 25 kg	DC: 6mm: LC:180mm:PP:2:PD:2:2.9mm
7	3 años, hembra, 20 kg	DC: 6mm: LC:160mm:PP:1:PD:2:2.9mm
8	10 meses, macho, 23 kg	DC: 6mm: LC:160mm:PP:1:PD:2:2.9mm
9	6 años, hembra, 25 kg	DC: 6mm: LC:160mm:PP:1:PD:2:2.9mm

Abreviaciones: DC diámetro del clavo: LC longitud del clavo: PP perno proximal: PD perno distal.

### III. 1. EVALUACIÓN DE LA DEAMBULACIÓN

Al día siguiente después de la cirugía se permitió la deambulación del paciente sin restricción del movimiento, por lo que se pudo observar que en algunos casos se presentó un apoyo parcial del miembro lesionado incluso desde el primer día post-cirugía.

La evolución post-quirúrgica de los pacientes fue satisfactoria en la mayoría de los casos.

Durante las tres primeras semanas el apoyo del miembro afectado en la mayoría de los casos se caracterizó por ser vacilante en un principio, es decir el apoyo del miembro era por unos minutos y posteriormente procedía a levantarlo; la claudicación que se presentó en estos casos fue de grado 1 (poco perceptible). La excepción fue el caso número 9 ya que la mala colocación del clavo ocasionó que el paciente no apoyará el miembro durante las doce primeras semanas. (Tabla 2 y Fig. 7)

Después de las tres semanas post-cirugía los *Canis familiaris* ya presentaban un apoyo total del miembro afectado excepto el caso número 1, el cual después de las tres semanas dejó de apoyar totalmente el miembro, pero después de las ocho semanas post-cirugía apoyo totalmente el miembro; el caso número 9 a partir de las doce semanas empezó a manifestar un apoyo vacilante manteniendo un apoyo parcial hasta el retiro del implante.

Los casos número 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 mantuvieron un apoyo total del miembro después de las tres semanas post-cirugía hasta que se retiró dicho implante. (Tabla 2)

Tabla No.2 Periodo de consolidación y retiro del implante.

CASO No.	DIA EN QUE APOYARON	PERIODO DE CONSOLIDACIÓN	RETIRO DEL IMPLANTE (semanas)
1	3	12	12
2	3	12	12
3	1	12	12
4	2	12	12
5	7	16	16
6	5	16	16
7	2	16	16
8	7	12	12
9	93	16	16

La administración del antibiótico (Dicloxacilia) y antiinflamatorio (Piroxicam) por ocho y tres días respectivamente fue de gran importancia ya que ninguno de los pacientes presento infección en el miembro sujeto a cirugía, así como ninguno presento manifestación grave de dolor e inflamación.

El consumo de agua y alimento fue bueno en todos los casos, no se presentó infección en ningún perro.

### III. 2. EVALUACIÓN RADIOLÓGICA

La toma radiológica a las cuatro semanas post-cirugía, en todos los casos mostró buena alineación y estabilidad con zonas radiopacas alrededor de la línea de fractura. en todos los casos se encontraron dichas zonas, variando de mayor a menor tamaño e intensidad radiopaca en cada uno de los diferentes casos, además el caso número 5 presento una angulación en la parte proximal del clavo. (Fig. 8, 9 y 10)

A las ocho semanas post-cirugía las zonas radiopacas alrededor de la zona de fractura se hicieron más aparentes en cada caso (Tabla 3), también se pudo observar que en el caso

número 7 se presentó una fractura del hueso en la parte distal, cerca de donde se colocó el último perno. (Fig. 11, 12 y 13)

En el caso número 5 a las doce semanas post-cirugía se observó radiológicamente la migración de los pernos proximales. (Fig. 14)

Los casos No. 1, 3, 5, 6, 7, 8, y 9 mostraron una mayor formación de zonas radiopacas alrededor de la línea de fractura, en los demás casos la formación del callo fue menor. En el caso número 1 a las doce semanas en las placas radiográficas ya no se observó la línea de fractura en la diáfisis del hueso, por lo que se determinó realizar en este momento el retiro del implante. (Fig. 14 y 15)

Tabla 3 Evaluación radiológica por semanas en cada perro doméstico.

CASO No.	TOMAS RADIOGRAFICAS (semanas)	PRIMEROS CAMBIOS (semanas)
1	4, 8, 12	4
2	4, 8, 12	8
3	4, 8, 12	4
4	4, 8, 12	8
5	4, 8, 12, 16	4
6	4, 8, 12, 16	4
7	4, 8, 12, 16	4
8	4, 8, 12	4
9	4, 8, 12, 16	4

El retiro del implante en la mayoría de los casos se realizó a las doce semanas post-cirugía excepto en los casos número 5, 6, 7 y 9 en los cuales se retiraron a las dieciséis semanas post-cirugía. (Fig. 16, 16 a y 16 b)

Después del retiro del implante los casos número 1 y 2 presentaron apoyo total al tercer día; los casos 3, 4 y 8 presentaron apoyo total del miembro al día siguiente después de la cirugía; los casos 5, 6, 7 y 9 presentaron apoyo a los cinco días post-cirugía.

### III. 3. COMPLICACIONES

Algunas de las complicaciones que se presentaron fueron la dificultad para localizar los orificios del clavo en el hueso en el caso número 1 por lo cual sólo se pudo colocar dos pernos proximales y uno distal, de los cuales el perno más proximal solo quedó fijo en ambas corticales sin pasar por el orificio del clavo, es decir paso al lado del clavo realizando de esta manera un bloqueo indirecto.

En el caso número 3 se dificultó la localización del orificio distal del clavo, por lo que al colocar el perno, este no pasó por el orificio del clavo ni la otra cortical del hueso, sin embargo al pasar por un lado realizó un bloqueo indirecto.

Otra de las complicaciones que se presentaron fue la del caso número 9 en la cual no se introdujo bien el clavo en el canal medular, por lo que quedó ligeramente fuera de la fosa intertrocanterica, el cual provocó la formación de un seroma en dicha región, este fue debridado y no hubo complicaciones de infección a tejidos blandos o hueso, pero debido a esto el canideo no apoyó el miembro durante las primeras doce semanas, posteriormente el apoyo del miembro se manifestó de manera vacilante, manteniendo un apoyo parcial hasta el retiro del implante.

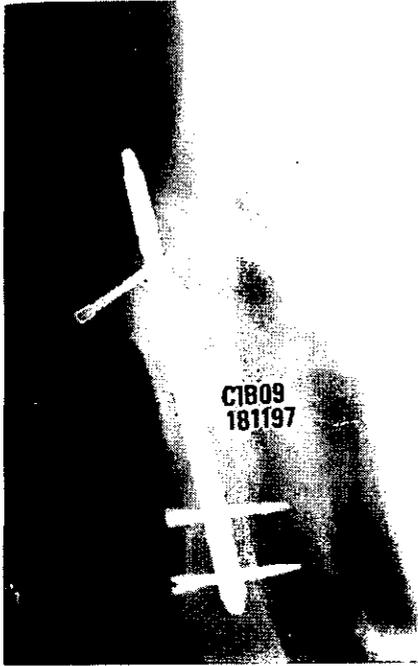


Fig. 7 Se puede observar la mala colocación del clavo el cual quedo ligeramente fuera de la fosa intertrocanterica



Fig. 8 Se observa una zona radiopaca de gran tamaño, lo que indica la función osteogénica del hueso



Fig. 9 En esta figura se observa una ligera zona radiopaca alrededor del sitio de fractura.

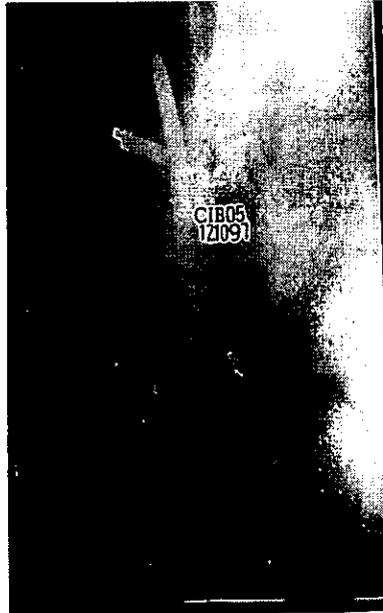


Fig. 10 Se observa una angulación proximal del clavo y una gran zona radiopaca en la zona de fractura.



Fig. 11 A las ocho semanas post-cirugía se hizo más aparente la intensidad radiopaca alrededor de la línea de fractura.

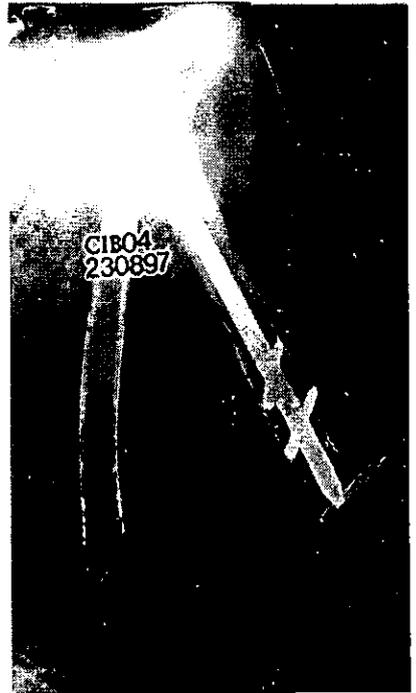


Fig. 12 A las ocho semanas post-cirugía es más aparente la zona radiopaca en la línea de fractura.

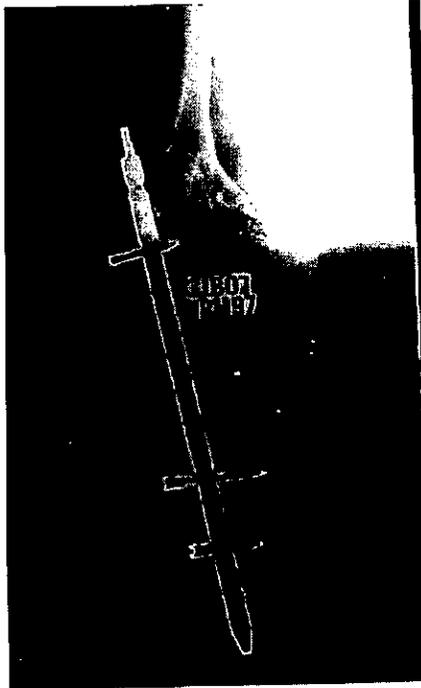


Fig. 13 En este caso a las ocho semanas post-cirugía se presentó una fractura en la parte distal del hueso, cerca de donde se colocó el segundo perno distal.



Fig. 14 A las doce semanas post-cirugía presentó la migración de los dos pernos proximales.



Fig. 15 A las doce semanas post-cirugía no se observó la línea de fractura por lo que se decidió retirar el implante.



Fig. 16 Muestra una consolidación con ausencia de callo, es decir una consolidación directa.



Fig. 16a Figura craneocaudal después del retiro del implante.



Fig. 16b Figura lateral después del retiro del implante.

#### IV. DISCUSIÓN

En Medicina Humana fracturas de huesos largos principalmente de fémur y tibia comúnmente son estabilizadas con clavo intramedular bloqueado no importando el trazo de fractura. (25)

Estudios experimentales del clavo intramedular bloqueado han sido evaluados en perros domésticos por Johnson y Huckstep 1986, Georgiadis en 1990, Dueland. Sin embargo poca información publicada con respecto a su aplicación clínica es útil. Después de estudiar diferentes tipos de clavos desarrollados para Medicina Humana el diseño de Huckstep del clavo fue considerado el más apropiado para el uso en cirugía de pequeños animales principalmente porque pueden ser insertados de manera abierta, así evita la necesidad de fluoroscopia, dicho clavo tiene orificios a todo lo largo. (13, 15, 18, 23 y 25)

El clavo que se utilizó para este experimento fue diseñado con varillas de acero inoxidable de 6 y 8 mm de diámetro adaptado del clavo del Dr. Fernando Colchero Rozas el cual solo tiene dos orificios proximales y dos distales, dicho clavo posee mayor resistencia a fuerzas biomecánicas. (8, 9 y 10)

El desarrollo de la técnica quirúrgica fue de fácil realización, ya que se contó con el instrumental necesario y asesoría técnica. El acercamiento al hueso se hizo de forma rutinaria y para la colocación del implante solo se amplió el canal medular con una broca de 6mm para facilitar la colocación del clavo. La introducción retrógrada del implante es fácil ya que después de la ampliación se tiene en posición el canal medular. La reducción a foco abierto fue fácil por que se tiene control directo de los fragmentos fracturados. (12, 13, 14, 15, 16 y 18)

Similar a lo publicado por Dueland, Durall y Parker para la colocación del clavo se utiliza: una regleta, dos guías para brocas y pernos, un impactor, brocas y desarmador. También como lo han descrito estos autores el clavo que se estudio en el presente trabajo fue fabricado de acero inoxidable 316L y macizo, debido a su gran capacidad de soportar la carga. (12, 13, 14, 15, 16 y 25)

El clavo que se empleó en este estudio solo contó con dos perforaciones distales y dos proximales de 2.9mm de diámetro a diferencia de los clavos de Dueland y Durall los cuales diseñaron su clavo con trece orificios de 3.0 y 3.5 mm a lo largo del cuerpo del clavo (13 y 16). Se penso que este número y diámetro de los orificios pueden debilitar el implante y romperse como en el caso que publico Durall. (15)

Se permitió libre movimiento del animal y sólo la restricción de apoyo que el dolor le permitiera al perro.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, de nueve perros operados ocho de ellos apoyaron parcialmente el miembro lesionado a partir de los primeros días post-cirugía excepto el caso número nueve, debido a la mala colocación del clavo el cual salió de la fosa intertrocatérica, presentó dolor en dicha región lo cual le impidió apoyar el miembro durante las doce primeras semanas, sin embargo radiologicamente la formación del callo se observó a partir de las cuatro semanas, pero no fue uniforme por lo cual no se pudo retirar dicho implante y solo se corto la parte proximal excedente del mismo; clínicamente se palpo una masa sólida localizada en la zona de la osteotomía y que corroboró la presencia de la función osteogénica en la fractura.

Esto ayudo a que el paciente mantuviera un apoyo parcial hasta las 16 semanas fecha en la cual se retiró el implante.

Estos resultados son similares a los que menciona Durall en el año de 1996 donde experimento con 15 perros y 12 de ellos tuvieron buena función clinica de la pierna afectada, por una a tres semanas post-cirugía. Los pacientes de ambos trabajos permanecieron sanos durante todo el estudio. (15 y 16)

Durall en su estudio experimental describió un caso que permaneció cojo aproximadamente 18 semanas después de la cirugía debido a que la punta de un tornillo distal se hizo progresivamente en el lado medial del fémur, radiologicamente se observo un gran callo continuo y de este modo todos los tornillos fueron removidos y la cojera resuelta en diez días.

El animal del caso No. 1 apoyo el miembro al día siguiente después de la cirugía, esto continuo hasta las tres semanas y repentinamente dejo de apoyar; el apoyo del miembro volvió a aparecer a partir de las seis semanas. En el momento en que el paciente dejo de apoyar radiologicamente no se observo ningún cambio que pudiera ser la causa del comportamiento del individuo por lo que se supone que la causa de dicho comportamiento fue la atrofia muscular presente.

En el caso No. 5 a las cuatro semanas post-cirugía mostró radiológicamente una angulación aproximada de 40 grados de la parte proximal del clavo, esto se relaciono con la gran transmisión de cargas que pasan a través del clavo, esto no interfirió en la consolidación. (9, 10 15 y 16)

El animal No. 7 a las ocho semanas después de la post-cirugía mostró radiológicamente una fractura en la porción distal del hueso esto fue debido al traumatismo provocado por otro animal (pelea) pero esto no influyó en el funcionamiento del miembro del animal.

Los animales de los casos No 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 mantuvieron un apoyo total del miembro después de las tres semanas post-cirugía hasta el momento del retiro del implante. El apoyo de los canideos al principio fue vacilante, la claudicación que presentó la mayoría de los canideos fue de grado uno (poco perceptible) y después de las tres semanas fue un apoyo total.

El uso de la Dicloxacilina como antibiótico dio buenos resultados ya que ningún perro presentó infección en hueso ni tejidos blandos, esto se debe al manejo aséptico quirúrgico que se tubo en todas las cirugías. (33)

La inflamación del miembro operado fue muy leve por lo que la indicación del antiinflamatorio sólo se realizó por tres días.

El consumo de agua y alimento post-cirugía fue normal en todos los animales; esto nos indica la buena recuperación del paciente. (5, 33)

La toma radiográfica post-cirugía en todos los casos mostró buena alineación de los fragmentos. La colocación del clavo de igual manera fue buena, con excepción del caso número 9 que quedó un poco salido de la fosa intertrocanterica y quizá esto le produjo dolor y la falta de apoyo del miembro hasta que se le cortó el extremo que sobresalió, y el caso número 3 en el cual un perno quedó fuera del orificio del clavo, convirtiéndose en un sistema de bloqueo dinámico. (13, 15, 16, 18 y 25)

En la toma radiológica a las cuatro semanas post-cirugía se observó la ampliación del foco de fractura con una zona radiopaca en los extremos de cada fragmento, indicativo de la actividad osteoclástica para la resorción del hueso necrosado por isquemia. (11)

A las ocho semanas radiológicamente se observó un aumento de la intensidad radiopaca alrededor de la línea de fractura; a las doce semanas en algunos casos se observó un callo prominente sin la línea de fractura (casos No.1, 2, 3, 4 y 8), en los demás casos se observó lo descrito anteriormente pero a las dieciséis semanas. (11)

En lo que se refiere a la formación del callo algunos de ellos presentaron una consolidación de tipo directa (Casos No 2, 3 y 4), los siguientes casos se caracterizaron por presentar una consolidación ósea indirecta. Actualmente existe documentación abundante que confirma que la inestabilidad tiene como consecuencia la formación del callo, la reabsorción de los extremos de los fragmentos y la formación indirecta de hueso gracias a los tejidos de reparación. Si el contacto se mantiene estable el hueso consolida internamente con una aparición mínima o nula de callo, sin reabsorción de los extremos de los fragmentos y conformación directa del hueso. (26)

La evolución de los perros domésticos después del retiro del implante fue satisfactoria en la mayoría de los casos, con un apoyo casi inmediato.

## V. CONCLUSIONES

La curación de la fractura en perros domésticos con osteotomías diafisarias transversas utilizando como medio de osteosíntesis un clavo intramedular bloqueado, ocurre entre las 12 y 16 semanas recuperando la actividad normal del miembro.

Radiológicamente el inicio de la consolidación se pudo observar en la mayoría de los pacientes a partir de las cuatro semanas post-cirugía; las zonas radiopacas alrededor de la línea de fractura indicaron actividad osteogénica.

Los perros domésticos tratados con clavo intramedular bloqueado como medio de osteosíntesis presentan un apoyo parcial del miembro pélvico osteotomizado en la primera semana post-cirugía y un desplazamiento normal del miembro a partir de la primera semana hasta el retiro del implante. Después del retiro del implante el apoyo total del miembro afectado en todos los casos se presentó durante la primera semana.

Clínicamente a partir de las dos semanas post-cirugía se pudo palpar una masa sólida en la zona donde se suponía se realizó la osteotomía, dicha masa corroboró la función osteogénica del hueso.

Por lo anterior podemos concluir que el clavo intramedular bloqueado como medio de osteosíntesis en fracturas diafisarias femorales representa un método seguro y eficaz debido a su gran resistencia a la carga axial y rotacional.

## VI. RECOMENDACIONES

Las ventajas de la utilización del clavo intramedular bloqueado son:

- a) Una técnica quirúrgica sencilla.
- b) Buena estabilidad que provee al sitio de fractura.
- c) Función normal del miembro desde los primeros días post-cirugía.
- d) No hay migración del clavo.
- e) Consolidación segura.

Algunas de las desventajas que se pueden mencionar son:

- a) A diferencia del clavo de Steinmann requiere de equipo especial para la colocación del clavo.
- b) El costo es ligeramente más elevado pero más barato que las placas.
- c) Dificultad para la localización del orificio del clavo en el hueso por falta de experiencia en el uso de este implante.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- 1.-Aja, G. S.: Aspectos morfofisiopatológicos del hueso en especies domésticas División de estudios de posgrado UNAM FMVZ Méx. 1984.
- 2.-AMMVEPEN, A. C.: Cerclajes y Hemicerclajes. Memorias del segundo curso de ortopedia en pequeñas especies, Octubre 1996 P.60-72.
- 3.-AMMVEPEN, A. C.: Clavo intramedular de Steinmann. Memorias del segundo curso de ortopedia en pequeñas especies, Octubre 1996 P. 56-59.
- 4.-Areas, C. L., Ramírez, F. I. y Santoscoy, C.: Fijación externa esquelética. Memorias del segundo curso de ortopedia en pequeñas especies, Octubre 1996 P. 33-55.
- 5.-Borjab, J. M.: Técnicas actuales en cirugía de animales. 3ª edición Intermedica Montevideo, Uruguay 1993.
- 6.-Brent, B. A., Michael K. E. and Saha S.: The Biomechanical Evaluation of Intramedullary Nails in Distal Femoral Shaft Fractures. Clin. Orthop. and Rel. Res. 276, (1992).
- 7.-Brumback, R. J., Lakatos, R. P., Poka, A., Bathon, G. H. and Burgess, A. R.: Intramedullary Nailing of femoral Shaft Fractures. J. Bone Joint Surg. 70 A(10): 1453-1462 (1988).
- 8.-Colchero, R. F.: Método para evitar el aflojamiento de pernos y tornillos en los clavos en cerrojo. Rev. Med. 3 (3) (1991).

- 9.-Colchero, R. F.: Clavo Colchero. Sus bases, su biomecánica y otros factores. Ortop. Traum.5(3): 98-102 (1991).
- 10.-Colchero, R. F. y Peruchon, E.: Clavo intramedular fijó al hueso por pernos en las fracturas y pseudoartrosis de la diáfisis del fémur, la tibia y el humero. Orthop Traum. 27 (3): 283-300 (1985).
- 11.-Denny, H. R.: A guide to canine and feline ortopeadic surgery 3ª edición Blackwell Scientific Publications, E.U.A. 1993.
- 12.-Dueland, R. T., Berlung, L., Schultz, F. and Chao, E. Y.: Preliminary results, biomechanical analysis of canine femoral, solid intramedullary pins, and interlocking intramedullary pins. Vet. Surg. 20 (5): 334-338 (1991).
- 13.-Dueland, R.T. and Johnson, K. A.: Interlocking nail fixation of diaphyseal fractures in the dog a multicenter study of 1991-1992. Vet. Surg. 23 (4).
- 14.-Dueland, R. T., Berglund, L., Vanderby, R. and Chao, E. Y. S.: Structural Properties of Interlocking Nail Constructs. Vet. Surg. 25: 386-396 (1996).
- 15.-Durall, I., Diaz, M. C.: Early Experience With the Use of an Interlocking Nail for the Repair of canine femoral Shaft fractures. Vet. Surg. 25: 397-406 (1996).
- 16.-Durall, I., Díaz, M. C., Morales, I.: An experimental Study of Compression of Femoral Fractures by and Iterlocking Intramedullary Pin. Orig. Res.6 : 93-99 (1993).

- 17.- Eveleigh, R. J.: Review of biomechanical studies of intramedullary nails. Med. Eng. Phys. 17 (5): 323-331 (1995).
- 18.-Georgiadis, G. M., Minster, G. J. and Moed, B. R.: Effects of dynamization after interlocking tibial nailing: an experimental study in dogs. J. Orthop. Traum. 4 (3): 323-330 (1990).
- 19.-Gustilo R. B., Kyle R. F. y Templemon D. C. Fracturas y Dislocaciones. Editorial Mosby 1993.
- 20.-Hulse, D. DVM, and Hyman, Bill. ScD.: Biomechanics of Fracture Fixation Failure. Vet. Clin. of North. Am : Small. Anim. Pract. 21 (4): 647-667 (1991).
- 21.-Heitemeyer, V., Clases, L., Heirholzler, G. and Korber M.: Significals of postoperative stability for bony reparation of conminuted fracture an experimentall study. Arch. Ortho. Trauma Surg. 109 (3):144-149 (1990).
- 22.-Klein, H .P., Rahn, R. N., Friggi, R., Kessler, S. and Perren, S. H.: Reaming versus non reamieng: interference with cortical circulation of the canine tibia. Arch Orthop Trauma Surg. 109 (6): 314-316.
- 23.-Lecona, B. H.: Tratamiento de las fracturas diafisiarias de fémur en perros con clavos bloqueados. AMMVEPE 8(2): (1997).

- 24.-Mc Duffe, L. A., Stver, S. M., Taylor, K. T. and Les, C. M.: In vitro biomechanical investigation of an interlocking nails for fijations of diaphyea tibial fractures in adult horse. Vet. Surg. 23 (4): 219-230 (1994).
- 25.-Muir, P., Parker, R. B., Goldsmid, S. E. and Johnson, K. A.: Interlocking intramedullary nail Stabilisation of a diaphyseal tibial fracture. J. Small Anim Pract. 34 26-30 (1993).
- 26.-Müller, M. E., Allogöwer, M., Schneider, R. y Willenegger, H.: Manual de osteosintesis técnicas recomendadas por el grupo de la AO tercera edición Springer Verlag Ibérica Madrid España 1993.
- 27.-Peruchon, E., Colchero, R. F., Micallif, J. P., Saint-Pierre, B. y Rabischong, P.: Biomechanical study of a highly stable intramedular osteosynthetic device. Revista Mexicana del Seguro Social 12 (6) 1988.
- 28.- Piermattei, D. L., Greeley, R. G.: An atlas of surgical approaches to the bones of the dog and cat. Philadelphia and london. (1966).
- 29.-Ramírez, F. G. I.: Fracturas de fémur. Memorias del segundo curso de ortopedia en pequeñas especies. Octubre 1996 P.76-84
- 30.-Rockwood, C. A., Green, D. P. y Bucholz, R. W.: Fractures in adults. Third edition J. B. Lippincott Company Philadelphia 1991.

31.-Rudy, R. L.: Manejo de las fracturas de los miembros en los pequeños animales.

Editorial Hemisferio Sur S.A.

32.-Schrader, S. C.: Complications associated with the use of steinmann intramedullary pins and cerclage wire for fixation of long bone fracture. Clinic North Am Small ann Pract. 21 (4): 687-703 (1991).

33.-Slatter, D. H.: Texto de cirugía de los pequeños animales. tomo 1, Salvat Barcelona, España 1989.

34.-Tostle, S. S., Wilson, D. G., Dueland, R. T. and Markel, M. D.: In vivo biomechanical comparison of solid and tubular interlocking nail in neonatal bovine femurs. Vet. Surg. 24(3): 235-243 (1995).

## VIII. ANEXO

### VIII.1. BIOMECÁNICA

Según Contini y Drillis (1966), la Biomecánica estudia las fuerzas y aceleraciones que afectan a los seres vivos, de cuyo análisis se derivan una gran cantidad de métodos y técnicas muy especializadas y complicadas. Tales técnicas han sido modificadas con el tiempo llegando actualmente a ser increíblemente sofisticadas. Los humanos y los animales domésticos, están sujetos a las leyes y normativas físicas de la materia inerte, y por lo mismo, la biomecánica tendrá dos ramas semejantes a la mecánica física, estableciéndose la bioestática y la biodinámica. Así mismo, la biodinámica posee dos ramas de estudio que son: biocinemática y biocinética. (1)

La bioestática se encarga de estudiar y analizar las fuerzas y su equilibrio, cuando actúan sobre los animales y sus órganos en el estado de reposo o en movimiento, a una velocidad uniforme y en línea recta.

La biocinemática analiza el movimiento sin ocuparse de las fuerzas que los producen y provocan.

La biocinética se ocupa de los cambios causados en el movimiento dentro de un sistema de fuerzas sin equilibrio, y determina las fuerzas necesarias y precisas para originar cualquier cambio que se desee del movimiento. (1)

Es obvio que los métodos y técnicas de la biomecánica son útiles para estudiar y analizar los movimientos, fuerzas y estructuras de los animales, pero esta metodología actualmente

tan sofisticada, no es suficiente para explicar claramente una gran variedad de adaptaciones en la construcción del cuerpo del animal.

Dentro de la profesión del Médico Veterinario existe tradicionalmente una "biomecánica intuitiva", desarrollada por siempre en los diferentes campos del quehacer práctico. Modernamente se tiene aceptado que gran cantidad de los problemas del sistema locomotor en los animales y en el hombre tiene una base mecánica, y su tratamiento esta obviamente asentado en la reorganización mecánica del problema. (1 y 26)

Las características mecánicas del hueso pueden describirse según su comportamiento estructural o por las propiedades del material. El hueso puede comprimirse (compresión axial), elongarse (tracción axial), doblarse (flexión) o torcerse (torsión). Las características del hueso pueden expresarse mediante la valoración cualitativa de la respuesta ósea o deformación a la fuerza o carga aplicada. Para relacionar este principio con la ortopedia práctica es necesario comprender algunos de los conceptos básicos del análisis estructural. (1 y 26)

Cuando se aplica la suficiente fuerza a cualquier objeto, éste se deforma en su estado original. Si se mide la deformación, se puede dibujar una curva fuerza-deformación. Durante la porción lineal inicial de la curva, la fuerza es tal que el objeto vuelve a sus dimensiones originales. Cuando se retira la fuerza, el objeto exhibe una deformación elástica. Si se aplica una fuerza suficiente se alcanza un punto en cual el objeto a prueba no recobra sus dimensiones originales al retirar la fuerza: es el limite elástico aparente. Conforme se aplica más fuerza, el objeto sufre una deformación permanente y progresiva. El objeto esta sufriendo una deformación plástica. Cargas mayores una vez sobrepasado él

limite elástico aparente resulta en una deformación más y más marcada, hasta que el objeto se rompe. Este es el punto de rotura. (20 y 33)

Durante la carga aparece una deformación en el interior de la sustancia del material, y se generan fuerzas internas. La deformación creada en el objeto se denomina esfuerzo y la intensidad de las fuerzas internas resultantes, estrés. Existen dos tipos generales de esfuerzo y estrés: normal y deslizamiento. El esfuerzo normal es el cambio a la compresión o tracción del objeto. El esfuerzo por deslizamiento es la deformación angular. El estrés normal actúa perpendicularmente sobre una superficie del objeto y puede ser compresiva o de tracción. El estrés de deslizamiento actúa paralelamente en la superficie del objeto y tiende a deformarlo por desviación. (33)

Sólo nos limitaremos a ejemplificar los elementos generales de la biomecánica en conjunto, y daremos más importancia a lo que se refiere a los huesos en particular y sus estructuras, como elementos de un todo que actúa como órgano vivo.

## VIII. 2. DIAGRAMAS Y VECTORES

En física, una **fuerza** es cualquier causa que produce o tiende a producir un cambio en el estado existente de reposo ó de su movimiento uniforme en línea recta. Cualquier cantidad física para la cual se deba establecer una línea de acción con la finalidad de tener una especificación completa, se llama **cantidad vectorial**. (1)

Un cuerpo esta en **equilibrio** si las fuerzas que se aplican a él están perfectamente iguales. De este modo, si dos fuerzas iguales opuestas se aplican a un punto 0 de un cuerpo, las dos

en la misma intensidad y dirección de fuerza, se compensaran entre sí, y el cuerpo permanecerá en equilibrio. Para cada fuerza debe haber otra igual pero opuesta ("para cada acción una reacción"). El término **reacción** se emplea para distinguir la resistencia que ofrece un cuerpo a otro sobre el que se ha aplicado una fuerza; como ejemplo esta la reacción de la tierra al peso, transmitido por las manos y pies del animal al apoyarse. (1)

La fuerza simple que puede sustituir un número dado o sistema de fuerzas sin modificar el efecto sobre el cuerpo se llama la **resultante** del sistema.

Antes de la reconstrucción quirúrgica del hueso fracturado, se analiza el aspecto radiográfico de los fragmentos de fractura. La naturaleza de dichos fragmentos nos permite la predicción de las fuerzas que actuaran en el área de fractura y la selección de un implante que las neutralice. Es necesario considerar las fuerzas que actúan sobre el área de fractura al seleccionar un implante. (33)

Cuando se aplica fuerza a una extremidad durante la carga, ésta se transmite a lo largo del hueso, resultando en fuerzas que tienden a desalinearse o separar el área de fractura. También se encuentran fuerzas en la ausencia de carga corporal debido a la tensión muscular. (33)

Desde el punto de vista clínico es importante considerar cuatro fuerzas básicas las cuales son:

- 1.- Compresión axial
- 2.- Deslizamiento
- 3.- Flexión
- 4.- Rotación.

Estas fuerzas solas o en combinación resultan en un modelo complejo de estrés interno y fuerzas dentro del hueso. Cuando ocurre una fractura son presentes en la línea interfase de la misma estrés y tensión, sumamente importantes son fuerza, estrés y tensión porque ellos pueden dañar la fragilidad del tejido atravesando el hueco de la fractura. (20)

Cuando ocurre la compresión axial del hueso, el resultado de estrés interno y tensión es:

- 1.- Compresión paralela a la columna del hueso, la cuál puede causar acortamiento.
- 2.- Tensión perpendicular a la columna del hueso la cuál causa expansión.
- 3.- Fuerza de estrés oblicua de la columna del hueso la cuál causa acortamiento y desplazamiento lateral. (20 y 33)

Tensión axial es el resultado directo de contracción muscular actuando en un punto de inserción, el resultado de la tensión causa una tendencia hacia el desplazamiento de la fractura. La tensión axial de la contracción muscular es la única fuerza fisiológica significativa en ciertos tipos de fracturas incluyendo fracturas del gran trocánter, fracturas del olécranon y fracturas de la cresta tibial. (20)

El deslizamiento se asocia más comúnmente con las fracturas oblicuas. Una fuerza de deslizamiento hace que los dos extremos de hueso se deslicen entre sí, en una dirección paralela a su zona de contacto perdiendo su continuidad anatómica. Sin embargo existen fuerzas de deslizamiento incluso en una fractura transversa simple, resultando en una tendencia a deslizarse en un plano horizontal. Esta fuerza de deslizamiento horizontal suele ser un problema cuando se utiliza un clavo intramedular único como fijación. (33)

La capacidad de un clavo intramedular único para contrarrestar las fuerzas de deslizamiento horizontales en una fractura transversa o la fuerza de deslizamiento angular en una fractura oblicua, depende de su tamaño con relación a la cavidad medular. Si el clavo es de menor tamaño que la cavidad medular puede aparecer deslizamiento. Si el diámetro del clavo iguala al de la cavidad medular las fuerzas de deslizamiento se contrarrestan de forma eficaz. (33)

Flexión, se refiere a la inclinación del hueso. La capacidad de un clavo intramedular de resistir las fuerzas de flexión es directamente proporcional a su diámetro, así como a la relación del diámetro del clavo al diámetro medular. Conforme el diámetro medular aumenta de tamaño, es difícil contrarrestar la fuerza de flexión únicamente con un clavo intramedular sólido. (13 y 33)

En la mayor parte de las fracturas, independientemente del tipo se encuentran fuerzas de flexión. La flexión es un problema debido a la carga axial o excéntrica o a la presencia de un defecto cortical en el lado de compresión o a la aplicación de una fuerza unidireccional externa.

Si los implantes no pueden resistir las fuerzas de flexión, pueden presentarse complicaciones como doblado de placas, fractura de clavos y pérdida de la reducción.

La angulación que resulta del fracaso del implante potencia aún más la fuerza de flexión debido al aumento de carga excéntrica. (33)

En la mayor parte de las fracturas encontramos una fuerza de rotación. La rotación suele ser un problema en las fracturas de huesos largos transversas o ligeramente oblicuas que no se

interdigitan. El movimiento de fracturas debido a rotación, además de producir una unión demorada o la no-unión puede ocasionar deformidades rotacionales de la parte distal de la extremidad.

La rotación no se contrarresta eficazmente mediante un clavo intramedular, el anclaje cortical en el extremo del hueso es insuficiente para prevenir la rotación de los segmentos óseos alrededor del clavo.

El dispositivo de fijación, incluye estabilización interna o externa, debe neutralizar las fuerzas inherentes que actúan sobre el sitio de fractura para evitar el movimiento en el área de fractura. Movimientos muy ligeros indetectables pueden impedir el crecimiento de los brotes capilares en el área de fractura. Este crecimiento vascular se estimula por una fijación estable. Si se neutralizan las fuerzas de fractura, se conservan las estructuras de tejido blando, se mantiene la integridad vascular y se evita la infección, entonces se han establecido las condiciones óptimas para la curación de la fractura. (1, 6, 17 y 26)

### VIII. 3. BIOMECÁNICA DEL CLAVO BLOQUEADO

Cuando se somete el miembro lesionado a marcha, que es el momento en que recibe mayor carga, las fuerzas se distribuyen de la siguiente manera:

- 1.- Las fuerzas provocadas por la carga del cuerpo en el miembro fracturado llegan a la parte proximal del hueso, sin influir en el clavo que, en ese lugar está suelto.
- 2.- Después pasan a los pernos, al clavo y al hueso que rodea los pernos.
- 3.- Luego se distribuyen de manera diferente, según se trate de un trazo de fractura transversal, con contacto interfragmentario, lugar donde las fuerzas llegan prácticamente a partes iguales al clavo y al hueso, o bien oblicuas largas, espiroideas, conminutas o pérdida ósea, donde la carga es toda para el clavo.
- 4.- De ahí son recibidas por los pernos, el hueso que los rodea y el clavo.
- 5.- Después pasan exclusivamente a la porción distal del hueso.

(8, 9 y 10)

Exitosamente el clavo bloqueado puede proporcionar la estabilidad rotacional y axial, que un clavo intramedular libre no proporciona. Prácticamente el clavo bloqueado tiene ventajas sobre placas, clavos libres y tornillos, por estar colocado a lo largo de la cavidad medular del hueso en contra de una placa que es colocada excéntrica en la superficie del mismo, la cual puede resistir la carga axial pero nunca la rotacional, además del daño que le produce a la corteza del hueso.

La alineación y estabilidad que este implante permite está dada sin proporcionar una desperiostización excesiva a menudo necesaria en la fijación con placas, y sin resistir

#### VIII. 4. CONSOLIDACIÓN DE LAS FRACTURAS

La consolidación se define como la restauración de la integridad original de un hueso. Un requisito previo para la consolidación es que el hueso cuente con la capacidad biológica adecuada para reaccionar.

La consolidación de una fractura no puede producirse sin una actividad biológica apropiada: deben estar disponibles localmente células vivas pluripotenciales. Estas células precisan del aporte sanguíneo para su nutrición y, sobre todo, para su supervivencia y función. (26)

Una fractura ocasiona una cascada de respuestas tisulares bien definidas para efectuar la reparación de los tejidos esfacelados y para restablecer el aporte vascular y producir nueva matriz esquelética.

Inicialmente la fractura rompe el aporte sanguíneo local, ocasionando hemorragia, anoréxia y muerte celular, con lo que se despierta una respuesta inflamatoria aséptica. Esta es seguida por revascularización, reabsorción de tejido necrótico y por la diferenciación de células osteoprogenitoras en el periostio, endostio y estroma medular. (26)

Durante las primeras horas de la lesión los vasos alcanzan con rapidez los tejidos blandos circulantes. El hematoma que se desarrolla como consecuencia de estos cambios es invadida por elementos formadores de hueso, incluyendo macrófagos que reabsorben fibrina y por un tejido de granulación rico en fibroblastos, que se forma cuando el coágulo es muy grande. Los osteoblastos también pueden invadir el coágulo cuando éste es muy pequeño. (1 y 26)

Como se ha visto, el mecanismo por el cual se consigue la unión ósea se inicia al tiempo de ocasionarse la fractura. Tan pronto como el hueso se rompe, la ruptura de los vasos endóxicos y perióxicos causan un hematoma. Desde una perspectiva celular, la curación de las fracturas requiere de la proliferación de células con potencial condrogénico, así como células con potencial osteogénico y osteoclástico. Estos elementos son originados a partir de células que se localizan alrededor del sitio de fractura, o bien como los osteoclastos con origen de células circulantes de la línea mononuclear fagocitaria. (1 y 26)

La estabilidad de la fractura (ya sea espontánea o tras la fijación) determina la mayoría de las reacciones biológicas que tienen lugar durante el proceso de consolidación. Si el aporte vascular es el adecuado, el tipo de consolidación y la posibilidad de que se produzca un retardo o una ausencia de consolidación dependen, sobre todo, de las condiciones mecánicas relacionadas con la estabilidad. La reconstrucción estable del hueso fracturado reduce al mínimo la fuerza que debe soportar el implante. La estabilidad de la síntesis es, por lo tanto, un parámetro esencial en cuanto a la fatiga y corrosión del implante. (5 y 33)

El movimiento relativo entre los fragmentos óseos es compatible con una consolidación inicial de la fractura, siempre que la deformación bajo carga resultante permanezca por debajo de los niveles críticos de formación del tejido de reparación. Las fracturas pueden ser intrínsecamente estables o pueden estabilizarse espontáneamente durante el proceso biológico de formación tisular, con la diferenciación subsiguiente hacia tejidos con mayor resistencia, de tejido de granulación a hueso. (33)

Se presentan a continuación los diferentes tipos de consolidación:

### VIII. 5. CONSOLIDACIÓN ÓSEA INDIRECTA (ESPONTÁNEA)

Consta de tres elementos: En primer lugar se forma un tejido de granulación alrededor de los fragmentos y, mas tarde, también entre los fragmentos. Es el llamado precursor del callo. En segundo lugar, el foco de fractura se ensancha como consecuencia de la reabsorción de los extremos de los fragmentos, por ejemplo, cuando se utilizan placas y tornillos para la estabilización, y por último la formación ósea progresa siguiendo una serie de pasos sucesivos, desde el tejido de granulación hasta llegar a hueso cortical (formación ósea indirecta).

Radiológicamente el proceso de formación ósea indirecta se caracteriza por la aparición de callo, el ensanchamiento del foco de fractura y, a continuación por su relleno con hueso neoformado, que es primero de una densidad irregular para adquirir una estructura diferenciada y densa. Esto último se alcanza siguiendo un proceso de remodelación interna del sistema haversiano que puede durar varios años. (26)

### VIII. 6. CONSOLIDACION ÓSEA DIRECTA (PRIMARIA)

La consolidación ósea directa salta las diferentes etapas señaladas en la consolidación indirecta y pasa directamente a la remodelación interna en las zonas de contacto (consolidación por contacto) o al relleno de huecos estables con hueso cortical y la consiguiente remodelación o relleno (consolidación del foco de fractura). La superficie de contacto inmediato dentro de la fractura está directamente relacionada con la compresión aplicada.

En la consolidación directa, la cantidad de callo concretamente del callo que puentea la línea de fractura, apreciable en las radiografías es muy escasa. No se produce una

reabsorción de los extremos óseos. El proceso de remodelación interna del sistema haversiano, que une los extremos de los fragmentos, es el único proceso que tiene como consecuencia una unión consistente del hueso. La consolidación directa no conduce a una unión más rápida.

El aspecto radiológico de la consolidación directa de la fractura se caracteriza por una ausencia virtual de formación de callo. El foco de fractura en realidad no se ensancha, pero puede dar la impresión de que es así debido a la intensa remodelación que se produce cerca de la superficie de fractura.

La diferencia fundamental entre la consolidación directa e indirecta es que la consolidación directa no va precedida del acortamiento del extremo distal del fragmento. (26)

La consolidación de la fractura puede tener lugar a diferentes formas. Actualmente existe documentación abundante que confirma que la inestabilidad tiene como consecuencia la formación del callo, la reabsorción de los extremos de los fragmentos, y la formación indirecta de hueso gracias a los tejidos de reparación. Si el contacto se mantiene estable el hueso consolida internamente con una aparición mínima o nula de callo, sin reabsorción de los extremos de los fragmentos y con formación directa del hueso. (11 y 26)