

76

2ef



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

REPORTE DEL ESTUDIO CLINICO DE PERROS  
CON FRACTURAS DIAFISIARIAS EN FEMUR  
TRATADAS CON CLAVO INTRAMEDULAR  
BLOQUEADO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

JULIO ANTONIO OJEDA FRANCO

ASESORES: M.V.Z. GERARDO GARZA MALACAÑA  
M.V.Z. HUGO LEONA BUTRON  
M.V.Z. LEONEL PEREZ VILLANUEVA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

268123.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
 AGENCIA EJECUTIVA  
 CUAUTITLÁN

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

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
 ASUNTO VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
 P R E S E N T E

ATN Q. Ma. del Carmen García Mejías  
 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

Reporte del Estudio Clínico de Perros con Fracturas  
Diastriasias en Fémur Tratadas con Clavo Intremed-  
iar Bloqueado".

que presenta el pasante Julio Antonio Greda Franco  
 con número de cuenta 8622896-7 para obtener el TÍTULO de  
Médico Veterinario Zootecnista

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

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 14 de agosto de 1998

- PRESIDENTE MVZ. Misael Rubén Cervera González
- VOCAL MVZ. Fernando Vintegra Rodríguez
- SECRETARIO MVZ. Conza de Conza Matecana
- PRIMER SUPLENTE MVZ. Rogelio Ibarra Urbó
- SEGUNDO SUPLENTE M. Z. Enrique Flores Casco

A mi Padre y Madre:

Gracias porque debido a su apoyo, amor y dedicación se ha cristalizado una importante meta en mi vida.

A mis Hermanos:

Alejandro, Juan Carlos, Agustín, Lourdes y Cristina por tener fé en mi y apoyarme en todo momento.

A Dios:

Por darme Vida y Salud para lograr mis metas.

Al Doctor Hugo Lecona por su amistad y apoyo profesional que fué vital para el desarrollo de este proyecto.

Al Maestro Leonel Pérez Villanueva por sus valiosas aportaciones a este trabajo.

Con respeto y cariño a toda mi familia

A los profesores de la carrera que me brindaron su tiempo y conocimiento.

A mis compañeros y Amigos de la carrera que juntos aprendimos.

**Gracias:**

## INDICE

	RESUMEN	1
I	INTRODUCCION	2
	1.0 Antecedentes científicos	9
	2.0 Planteamiento del problema	14
	3.0 Justificación	14
	4.0 Objetivos	15
II	METODOLOGIA	16
III	RESULTADOS	23
IV	DISCUSION	28
V	CONCLUSIONES	31
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	33

<b>VII</b>	<b>ANEXO</b>	<b>37</b>
7.2	Definición de fractura	37
7.3	Biomecánica de las fracturas	37
7.4	Modulo de Young	40
7.5	Leyes de Wolff	41
7.6	Reparación ósea	42
7.7	Evaluación Rx de las Fx	46
7.8	Tiempo de consolidación	47
7.9	resistencia de los implantes a la fatiga	50
7.10	Propiedades biomecánicas del hueso	51
7.11	Clasificación de las fracturas	52
7.12	Aspectos básicos de la osteosíntesis	58
7.13	Enfermedad de la fractura	58
7.14	Principios del tratamiento de las fracturas	59
7.15	Fuerza, torsión y deformación bajo carga	64
7.16	Definición de carga	65

## RESUMEN

Las fracturas diafisarias del fémur con trazo transverso o ligeramente oblicuo son tratadas por lo general con clavos intramedulares libres con los cuales frecuentemente existen complicaciones, tales como migración del implante, mal unión ósea, pseudoartrosis, retraso en la consolidación o enfermedad de la fractura. Todo esto ocasionado por la pobre estabilidad rotacional que provee dicho implante. Kuntscher (1969) propuso el predecesor del concepto actual del sistema de bloqueo. El uso actual de los clavos bloqueados ha ampliado considerablemente las indicaciones del enclavado intramedular, eliminando todo tipo de implante que se coloque de manera externa al hueso.

Este clavo intramedular bloqueado es un dispositivo al cual se le hicieron orificios, inicialmente tres para cada fragmento del hueso fracturado. Los orificios actúan como punto de fijación del clavo al introducir los tornillos en dichas perforaciones. Exitosamente el clavo bloqueado puede proporcionar la estabilidad rotacional y axial que un clavo 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 excéntricamente 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 ocasionar una desperiostización excesiva, a menudo necesaria en la fijación con placas, y sin existir relación del implante con el medio externo como en el caso de fijadores externos. Este sistema por su diseño y equipo de colocación puede ser utilizado para la reducción de fracturas a foco abierto o cerrado.

Para este trabajo se utilizaron ocho perros de los cuales dos habían sido tratados con otros métodos, a todos los animales se les realizó un expediente con historia clínica y se les tomó control radiológico AP y lateral del fémur para realizar las mediciones del hueso (canal medular, corticales, y longitud) y con esto se determinó diámetro y longitud del clavo y pernos. Todas las cirugías se hicieron a foco abierto.

En todos los casos se consiguió la consolidación, correlacionada entre los datos clínicos y radiológicos. Los perros empezaron a apoyar a partir de la primera semana sólo en los casos en que el clavo lesionó los tejidos blandos cercanos al trocánter, les causó dolor y claudicación hasta el retiro del implante.

Este es un método adecuado y seguro para el tratamiento de fracturas diafisarias en fémur de perros ya que provee una estabilidad a la carga axial y rotacional, asegurando la consolidación.

Con respecto a los resultados clínicos, fueron de buenos a excelentes, justificando así el uso continuo del enclavado con bloqueo en las fracturas diafisarias de fémur de perros.



## **INTRODUCCION**

El esqueleto proporciona un armazón rígido para la actividad física y para la protección de los órganos blandos. El requisito básico para llevar a cabo la función locomotora de forma óptima es una adecuada constitución anatómica con la suficiente rigidez que resiste la deformación bajo carga (22,26).

### **CLAVO BLOQUEADO, SUS BASES, SU BIOMECANICA Y OTROS FACTORES.**

En 1972 Doctor Fernando Colchero Rozas inició una investigación con la finalidad de encontrar un método de fijación para las fracturas, pseudoartrosis, osteotomías, pérdidas óseas acortamientos y alargamientos de la tibia y fémur que permitiera la marcha de inmediato con apoyo total de la extremidad operada (3,4,5 y 6)

La primera idea fue desechar cualquier material que tuviera que colocarse en la parte externa del hueso debido a las sollicitaciones mecánicas principalmente la flexión, la cual tiende a desprenderlo. Se prefirió utilizar un clavo que por estar alojado en el conducto medular resistiera mejor a esa flexión

Sin embargo un clavo libre solo estabiliza las fracturas transversas o ligeramente oblicuas situadas en el istmo del conducto medular Si la fractura aunque transversa se encuentra en otro lugar del hueso ó bien estando en el istmo su trazo es oblicuo largo, espiroideo o conminuto, o hay ausencia del fragmento de diáfisis, se produce movilidad que tiende a producir pseudoartrosis (3,4,5,6,22 y 26)

Por lo anterior se comprendió que para obtener estabilidad con un clavo intramedular en todas lesiones diafisarias de fémur tibia y húmero, fue preciso que aquel se fijara perfectamente 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 (4,5,6,8,11,12,30,31)

Se pensó desde un principio utilizar una varilla maciza y no hueca porque si tienen el mismo material y el mismo diámetro es mucho más resistente, lo que hace posible el apoyo a los tres días (4,5,6,8,12,13,18,20 y 29)

La ruptura de los tornillos con los que fijaban el clavo al hueso obligó a diseñar unas varillas que denominamos pernos, que tienen un cuerpo liso y sólo rosca proximal, por ejemplo un tornillo de cortical de 4.5 tiene una espiga o alma de 3.2 mm que es la que ha de soportar las sollicitaciones mecánicas mientras que un perno lo resiste con el total de su diámetro (3,4,5 y 6)

## **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONSOLIDACION DE UNA FRACTURA**

El requisito indispensable para obtener la unión ósea es asegurar la perfecta estabilidad de los fragmentos óseos durante el tiempo suficiente para conseguir la formación de un puente óseo. Este problema se observa con bastante frecuencia al utilizar cierto tipo de implantes, como placas clavos medulares mal indicados y mal colocados, tornillos etc. (4,5,6,8,9,12,19,22,27 y 31)

Kempf aconseja diferir el apoyo total durante varias semanas para esperar la formación de un callo que, aunque débil permita retirar los tornillos distales o el proximal con el fin de lo que él llama dinamizar, obteniendo con ello que el peso de la deambulacion estimule al foco de fractura, pero con varias semanas de retraso. Con esto se busca fundamentalmente que la carga que pasa por el clavo y que puede romperlo ,desaparezca al retirar los tornillos . A pesar de ello ,

Kempf refiere en un simposio efectuado en Strasburgo, la ruptura de 20 clavos en 736 enfermos. (3,4,5 y 6)

Kempf retira los tornillos porque afirma que impiden el acercamiento y presión interfragmentaria, al manejar este concepto comete un error porque piensa que el acercamiento y presión se producen en compresión, cuando en nuestros estudios han demostrado que se efectúan en flexión y que, por lo mismo, los pernos o tornillos no lo impiden. (3,4,5,6 y 19)

Cuando se difiere la marcha se va produciendo osteoporosis en el foco fracturario, que se extiende después a otras partes del hueso, facilitando así el aflojamiento de los implantes y con ello la falta de unión ósea. (4,5,22,26 y 28)

### **COMO ACTUA EL CLAVO INTRAMEDULAR BLOQUEADO UNA VEZ COLOCADO EN EL HUESO**

Cuando se somete el miembro lesionado a la marcha, que es el momento en que se recibe mayor carga, se distribuye de la siguiente manera: (3,4,5,6,19 y 23)

Para este estudio se utilizaron clavos bloqueados de 13 mm de diámetro, así como pernos de 4.5mm de diámetro, siendo tanto los clavos como los pernos de acero inoxidable 316 LVM.

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 proximales, 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 a donde llegan prácticamente a partes iguales al clavo y

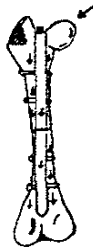
3.-Luego se distribuyen de manera diferente según se trate de un trazo de fractura transversal con contacto interfragmentario lugar a donde llegan prácticamente a partes iguales al clavo y al hueso , o bien oblicuas largas .espiroideas , conminutas o perdidas óseas ,donde la carga es toda para el clavo

4.-De ahí son recibidas por los pernos distales , el hueso que los rodea y el clavo

1. Después pasan exclusivamente a la porción distal del hueso



A



B

Fig. 2. Biomecánica de la transmisión de las cargas

A)- Distribución de las cargas con un trazo oblicuo.

B)- Distribución de las cargas cuando se reduce una fractura con trazo transverso.

¿Impiden los pernos el acercamiento intermitente de los fragmentos, hecho basado en el apoyo de la marcha?

clara flexión del sistema clavo-hueso-pernos, lo que provocaba acercamientos interfragmentarios, cuantificando en gráficas y cuya magnitud variaba según la carga empleada. a 190 dN el acercamiento era de 0.5mm. Si en lugar de estar separados los fragmentos del hueso, estuvieran juntos, como es propio de muchas fracturas, dicho acercamiento se manifestaría como presión intermitente interfragmentaria por cada paso dado por el paciente. Lo que ha hecho para nosotros inútil dinamizar el sistema. (3,4,5,6,19 y 23)

¿Existen otros movimientos además de la flexión con el clavo intramedular bloqueado ?

No existe rotación según se pudo comprobar . Se produce cizallamiento debido al deslizamiento de un fragmento sobre el otro , según pruebas a más de 3600 ciclos ,con aumento progresivo de las cargas ,este cizallamiento es solo de 0.19 mm ,a 200dN por lo que nosotros lo hemos catalogado como micromovimientos , que estimula la formación de callo óseo. (3,4,5,6 y 23)

¿Que cantidad de carga reciben el hueso y el clavo?

En tibia se efectuaron osteotomias y se dejaron los fragmentos unidos . Prepararon los clavos con sensores electrónicos, se puso la probeta en la prensa programable en ciclos y carga en aumento y se llevaron a cabo pruebas dinámicas. Para conocer las cargas soportada por el clavo se leyó la gráfica marcada por los captosres electrónicos, que dio un promedio de 45 a 50 % para el clavo. Después efectuó una diafisectomia y se observó que toda la carga era soportada por el clavo como sucede también en fracturas conminutas oblicuas espiroideas, y pérdidas ósea.(3,4,5,6,19 y23)

**Pruebas por fatiga, elasticidad:**

Con montajes similares a los descritos , se inició el estudio con carga de 100 kg. manteniéndola un número de ciclos , igual para cada vez y subiéndola de 50 en 50kg . Se inicio con 150kg se programó a 60 ciclos por minuto.

La prueba más larga fue de 70,000 ciclos , la carga se inició en 150 kg. pero se tuvo que ir elevando hasta llegar a 450 kg. durante 450 ciclos fue el hueso el que se rompió y no los implantes , como en todas nuestras pruebas. Los huesos se colocaron en posición horizontal y luego en posición fisiológica. (3,4,5,6 y 23)

### **Pruebas para flexión directa**

Los ensayos se realizaron en huesos íntegros , fracturados ,con osteosíntesis con clavo intramedular bloqueado y pernos , y con clavos Kuntscher del mismo diámetro y tornillos . observando que a 104kg de peso el clavo hueco se deformaba en rango plástico mientras que el clavo macizo soportó cargas promedio de 275kg antes de romperse el hueso y no el clavo

### **Pruebas para compresión :**

Ambos extremos de los huesos se colocaron en cemento y se cargó a compresión hasta la ruptura del hueso y no del clavo . Con el clavo se llegaron a los 800kg , carga la cual no se presentan nunca en la marcha normal de un paciente. (3,4,5,6,8 y 23)

### **Pruebas para torsión :**

No se apreció rotación del sistema. La rotura se produjo con cargas mayores de 350kg que tampoco se producen en la marcha normal del paciente.

### **Resistencia de los pernos:**

Los pernos en su posición funcional están expuestos a sollicitaciones de cizallamiento hasta la rotura del perno.

La carga promedio fue superior a 2,000kg, fuerzas que no se presentan en un perro que tenga implantes , sólo que si se produjeran serios traumatismos, hay que considerar que los pernos son sometidos a cizallamiento en virtud de que se colocan en hueso intacto. De lo contrario si se sitúan en fracturas, las sollicitaciones serían en flexión y la resistencia mucho menor. Lo mismo ocurriría si la punta del perno no atraviesa la cortical y queda en el conducto medular. (3,4,5,6 y 23)

### **Estudios Biomecánicos.**

Realizado en Montpellier Francia , se estudiaron los movimientos absolutos y relativos en el fémur después de haber provocado pérdida ósea , aplicando un sistema de osteosíntesis que consistente en un clavo intramedular bloqueado con dos orificios superiores y dos inferiores que se fijan a la cortical del hueso .Por medio de captosres electrónicos se midieron el cizallamiento y el desplazamiento vertical de los fragmentos (compresión tracción). Por marcación en ambos fragmentos óseos, se estudio la rotación.(3,4,5,6 y 23)

Resultados : De acuerdo con los resultados obtenidos por Colchero, se cree que la única etiología de la pseudoartrosis traumática, es el movimiento plástico repetitivo. Los resultados nos señalaron también que algunos medios de osteosíntesis no conservan la estabilidad el tiempo suficiente para la unión y que muchos errores atribuidos a los cirujanos, dependen más frecuentemente del método empleado que del individuo. (3,4,5.6 y 23)

## ANTECEDENTES CIENTIFICOS DEL CLAVO BLOQUEADO

Los principios Biomecánicos de la fijación intramedular fueron establecidos por Kuntscher cuando en 1940 describió la Técnica de Enclavado Intramedular. Este método de osteosíntesis proporciona una estabilidad relativa sin compresión interfragmentaria permitiendo, sin embargo, un apoyo precoz de las fracturas estables que producen compresión axial entre los dos fragmentos principales de las fracturas. El enclavado intramedular es un dispositivo de conducción de la carga que permite la transmisión de ésta a través del foco de fractura, siendo posible el tratamiento funcional activo en la mayoría de los casos. (3,4,7,8,11,12,19,20,22 y 28)

En la temprana década de los 50 Kuntscher también introdujo el fregado intramedular lo que permitía la utilización de clavos que se ajustaban más a la porción diafisaria del canal medular mejorando la fijación.

Este método de enclavado intramedular fue aceptado en los E.U.A. en los años 60 gracias a numerosos estudios realizados.

En los años 70, el método fue refinado por Klemm y Shellman quienes estuvieron asociados con Kuntsher. (8,9,12,13 y 19)

La fijación intramedular es un método simple para reparar fracturas el cual es ampliamente usado en Medicina Veterinaria.

Los dispositivos intramedulares incluyen:

- 1.-Clavo Steinman.
- 2.-Clavos de Rush.



3.-Clavo de Kuntscher.

4.-Hender.

5.-Hecketal.

Teóricamente la flexión y el deslizamiento horizontal se evitan por un firme contacto del clavo con la superficie endóstica de la cortical para conseguirlo, el diámetro del clavo debería ser igual al medular en el área de fractura debido a la curvatura natural de la mayor parte de los huesos largos esto no se logra. El clavo raramente rellena el canal medular. En consecuencia las fuerzas de flexión y deslizamiento producen inestabilidad.(1,7 y 28)

Ventajas del enclavado intramedular libre:

a)Técnica económica.

b)De fácil colocación, y se retiran de igual manera.

Desventajas :

1. Fijación poco estable.
2. Consolidación ósea retardada.
3. Migración del clavo
4. Posible no unión.(pseudoartrosis).
5. Enfermedad de la fractura.
6. Rotación de los fragmentos óseos.

## 7. Angulación.

En la temprana década de los 50' Kuntscher introdujo el fregado intramedular lo que permitía la utilización de clavos que se ajustasen más a la porción diafisaria del canal mejorando la fijación.

El concepto de detensor de Kuntscher en 1969 fue predecesor del concepto actual del bloqueo que ha ampliado considerablemente las indicaciones del enclavado intramedular.

En 1970 Grosee y Kempf introdujeron su modificación a los clavos bloqueados en Francia.

En 1972 Klemm y Shellman realizaron sus modificaciones a la idea original de Kuntsher y crearon un clavo con una abertura oblicua proximal

En 1972 el doctor Fernando Colchero Rozas describió el uso de un dispositivo colocado dentro del canal medular fijo al hueso por medio de tornillos transcorticales colocados a través del clavo.

Recientemente en los años 80 Brooker y Wills en E.U.A.sumaron su modificación al clavo bloqueado.

Muchos tipos de clavos intramedulares bloqueados han sido creados y experimentados mediante escrutinio clínico en los pasados 25 años en Medicina , en fracturas sub y trocantéricas, los clavos gama, clavos Zickel, los Williams, los Grosse Kempf, otros tipos de clavos bloqueados usados, para fémur y tibia son el Brooker-Wills, el clavo elástico, clavo AO; el Russell Taylor y el Huckstep.

Un clavo bloqueado es un dispositivo que el cirujano coloca dentro del canal medular. Su fijación se lleva a cabo por medio de uno o más tornillos transcorticales colocados a través de

ambas corticales. Los tornillos fijan el clavo intramedular al hueso. Exitosamente el clavo intramedular bloqueado puede proporcionar la estabilidad rotacional, y axial que un simple clavo libre no puede dar.

El clavo bloqueado permite muchas ventajas para el cirujano. Las más importantes son que provee una alineación, estabilidad axial y rotacional al sitio de fractura sin una desperiostización excesiva a menudo necesaria. Con la fijación con placa, el sistema también puede ser usado.(3,4,5,9,13, 18,19 y 30)

Los doctores Dueland R.T. Johnson K.A. de la Universidad de Wisconsin, realizaron un estudio con la fijación de fracturas diafisarias en perros tratados con clavos bloqueados en los años 1991-1992, en 24 fracturas diafisarias incluyendo 18 fémures, 4 húmeros y 2 tibias, donde tres de estas tuvieron otro tratamiento inicial el cual fracasó. Se obtuvieron resultados de buenos a excelentes en la reparación de las fracturas.(8,9 y10)

Otros autores han usado este sistema en medicina veterinaria como son: MC.Clure S.R., Watkins J.P. y Ashman R.B., quienes realizaron un estudio in vivo para la evaluación del clavo intramedular bloqueado en fracturas con osteotomías transversas en potros, los cuales apoyaron a las 24 horas después de la cirugía y la reparación de la fractura fue satisfactoria.(30)

M.C. Duffee L.A. y Stover S.M en 1994 realizaron un estudio in vitro para evaluar biomecánicamente un clavo bloqueado tubular hueco para la fijación de fracturas diafisarias en tibias de caballos adultos con alta resistencia del clavo a la carga. Evitándose complicaciones frecuentes con otros métodos de fijación como las placas de compresión dinámica, las cuales se flexionan o se aflojan los tornillos, y ocasionalmente promueven la formación de osteomielitis

(20).

Trostle S.S., Wilson D.G. Dueland R.T. y Markel M.D. hicieron un estudio para comparar biomecánicamente un clavo bloqueado tubular hueco y uno macizo (sólido) en fémures de bovinos neonatales y determinaron que el fémur intacto resiste más carga que cualquier implante colocado en éste, y que el implante que más resistió fue el clavo sólido.(7,8,9,19,29 y 30)

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las frecuentes complicaciones que suceden con el uso de clavos intramedulares libres, así como las placas de compresión y la fijación esquelética, provocan que los perros tengan que ser reintervenidos quirúrgicamente para corregir las deficiencias biomecánicas de estos implantes y por ende su fracaso.

## **JUSTIFICACIÓN**

Las características biomecánicas que tiene el clavo bloqueado al ser usado para la reducción de estas fracturas, permite ser un tratamiento de primera elección.

## **TIPO DE INVESTIGACION**

Tipo Clínico, Prospectivo y longitudinal

### **Criterios de inclusión:**

Perros de talla media a grande, ambos sexos, con fractura de la diáfisis del fémur sin patologías agregadas.

## **OBJETIVOS**

**TRATAMIENTO DE PERROS CON FRACTURA DIAFISIARIA DE FEMUR CON CLAVO INTRAMEDULAR BLOQUEADO.**

## **METODOLOGIA**

Se utilizaron ocho perros adultos de ambos sexos, con fracturas de diáfisis femoral, sin patología agregada. Se operaron en la clínica particular del doctor Leonel Pérez Villanueva ubicada en Presa Pabellón número 8, colonia Irrigación y en el Instituto Nacional de Ortopedia ubicado en Avenida José Othón de Mendizabal número 125, colonia Zacatenco.

A todos los perros se les realizó historia clínica y examen físico, además de tomas radiográficas antero posterior(AP) y lateral (L) con un equipo radiográfico con tubo de 10 mA, marca General Electric utilizando 65 Kv con 12 décimas de segundo de exposición, previo a la cirugía.

Los animales fueron preparados para cirugía, con 12 horas de ayuno. A su llegada a los hospitales, se pesaron y se calculó la dosis de la anestesia de inducción a una razón de 10 mg/kg de tiopental sódico. Los animales se trasladaron al área de preparación, se les colocó un bozal, se les derribó para depilar ambos antebrazos para la colocación de un catéter intravenoso de calibre 19 y un equipo de venoset, para la perfusión de una solución de cloruro de sodio al .09% a un goteo promedio de 30 gotas por minuto durante toda la cirugía. La anestesia se indujo por dicha vía permeable . Posteriormente fue depilado el miembro a operar, desde la articulación coxofemoral hasta las falanges distales. Después se lavó y se seco el miembro. Al término de esto se trasladaron al quirófano donde se intubaron con sonda endotraqueal de calibre según el tamaño de cada perro, para la conducción de la anestesia con halotano. Posteriormente un ayudante con guantes de hule latex estériles lavó toda el área depilada con gasas estériles y yodo espuma al 2%, a continuación se retiró el excedente con otras gasas. Al término de esto el cirujano ya vestido colocó los campos estériles, la sábana hendida y venda en la parte distal del miembro.

## ***TÉCNICA QUIRÚRGICA***

Para la realización de las cirugías se tomaron en cuenta los puntos óseos palpables: trocánter mayor y el cóndilo lateral del fémur. La incisión se hizo sobre la piel 1 cm anterior a la diáfisis del hueso con una hoja de bisturí número 22. El tejido subcutáneo se disecó con tijeras rectas de iris hasta localizar el tabique intermuscular formado por el borde craneal del biceps femoral, el cual se retrajo caudalmente, y el borde caudal de la fascia lata cranealmente, de la misma manera que el basto lateral. El músculo aductor se desperiostizó del aspecto caudal de la diáfisis y el vasto intermedio de la superficie craneal. Se localizó el fragmento proximal y se sujetó con pinzas para hueso, se colocó un clavo Steimann (6 u 8mm) con un perforador y se deslizó del trazo de fractura a lo largo del canal, hasta la fosa intertrocantérica, sin atravesar la piel, con el fin de hacer permeable el canal. Después se introdujo el clavo bloqueado que fue seleccionado según la medición del hueso en la radiografía previa, el cual se introdujo de la misma forma que el de Steinmann. En esta ocasión se realizó la incisión de la piel que le permitió la salida al clavo, para colocarlo al ras de este fragmento. Enseguida se realizó la localización de fragmento distal para reducir la fractura, se pasa el clavo 2 cm aproximadamente, para facilitar la colocación de la regleta guía con el impactor, que van de manera externa al hueso. Por medio de la regleta se colocaron las guías de brocas para la localización de los orificios del clavo en el hueso, iniciando por el orificio distal del mismo fragmento la cual se realizó con una broca de 2,9 mm de diámetro por 150mm de longitud, colocada en un perforador (Black and Decker de baja velocidad) de dos velocidades, inalámbrico; una vez realizada la perforación se retiró el taladro con la broca y se colocó un dispositivo para medir la profundidad del orificio, de cortical a cortical, para seleccionar la longitud del perno que se les colocó. El diámetro de dichos pernos



es de 2.9 mm constantes y las longitudes variaron entre 25 y 30 mm, La colocación del perno se hizo a través de la misma guía de brocas y se sujetó al hueso con su cuerda proximal, con la ayuda de un desarmador, El mismo procedimiento se realizó en el orificio anterior. A continuación se perforó y se fijó el clavo al hueso de la misma forma. Al concluir la reducción se retiraron la regleta guía y el impactor. Al termino de esto se comprobó la alineación y estabilidad clínica por medio de movimientos de extensión y flexión y radiológicamente con proyecciones AP y L.

El cierre de la herida se hizo por planos tomando en cuenta las fascias de los músculos con sutura absorbible vicril de 3 ceros con puntos simples interrumpidos. La piel se suturó con nylon monofilamento tres ceros con puntos interrumpidos. Se lavo el miembro con suero salino fisiológico y se secó, se colocaron apósitos y se vendó el miembro para protección de la herida, se indicó marcha inmediata con apoyo restringido.

La terapia médica se prescribió con ampicilina dicloxacilina a una dosis de 25:20 mg/kg vía oral cada 8 horas durante diez días, y piroxicam a una dosis de .3mg/kg diarios durante tres días.

Se retiró el vendaje de protección a los tres días postquirúrgicos, y así como los puntos de sutura a los 8 días.

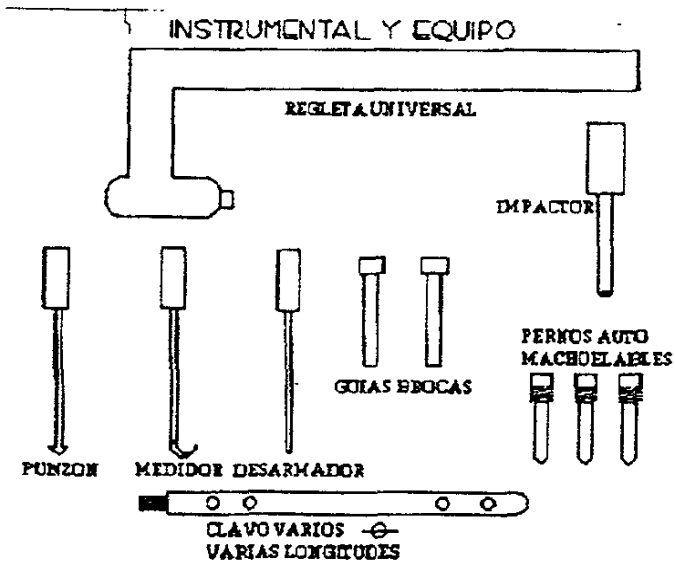


Fig.3 Equipo para la colocación del clavo bloqueado.

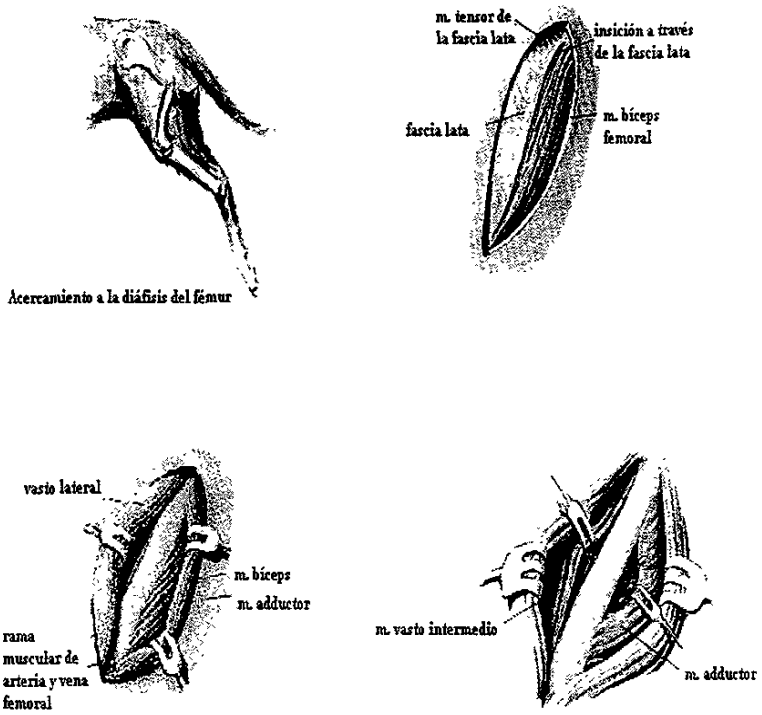
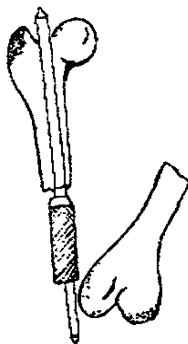


Fig. 4 Acercamiento a la diáfisis del fémur (Piermatey and Greely Fig. 3.- Acercamiento a la diáfisis del fémur (Piermatey and Greely)

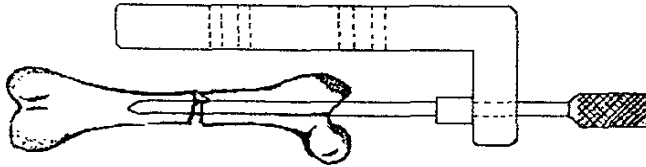


A



B

A Fractura transversa de la diáfisis del fémur, B ampliación del canal medular con clavo Steinmann



**C: colocación del clavo bloqueado con la regleta y el impactor.**

## RESULTADOS

Caso número 1 se trató de una perra de raza Doberman de 7 meses de edad, con un peso de 13.5 kg, la cual presentó una fractura transversa, se colocó un clavo intramedular bloqueado de 6 mm de diámetro, con una longitud de 160mm, se colocaron pernos de (2) 25 y(2) 30 mm de largo, se permitió la deambulaci3n pasiva, como en los dem3s casos, presentando el apoyo al segundo d3a de la operaci3n, el retiro del material se realiz3 a los 15 d3as previo estudio radiol3gico y cl3nico, donde se observ3 un callo prominente en el foco de fractura, as3 como un seroma en la parte proximal del mismo miembro con cierta molestia al realizar los movimientos de extensi3n y flexi3n. Despu3s del retiro del material, la perra apoyo al d3a siguiente.

Caso n3mero 2. macho mestizo de 7 a3os de edad, con peso 25 kg el cual present3 una fractura transversa fue tratado previamente con un clavo intramedular libre, que migr3 por el troc3nter, lo reintervinieron y le colocaron una placa de compresi3n con diez tornillos, con una p3rdida 3sea de dos cm aproximadamente sin tratamiento. Dos semanas despu3s el implante se rompi3. En esa ocasi3n lo remitieron a la cl3nica del doctor P3rez Villanueva; el perro se program3 para el retiro de material y se le coloc3 el clavo bloqueado de 180 mm de longitud, con 4 pernos de 2.9mm de di3metro por 30mm de longitud.

El animal apoy3 al tercer d3a de la reintervenci3n, seg3n comunicaci3n del propietario. El retiro del implante se realiz3 a la octava semana sin complicaci3n, y el perro deambul3 libremente con apoyo total del miembro.

Caso 3, mestizo de 10 años de edad, de 28 kg. de peso, con fractura oblicua corta, se le colocó clavo 6 mm de diámetro por de 180 mm de longitud y cuatro pernos de 30mm de longitud. El animal apoyó al día siguiente de la cirugía. Al cuarto día la propietaria reportó que el miembro intervenido estaba con edema y dolor, por lo que se le tomó una radiografía, en la que se observó una nueva fractura oblicua larga en la diáfisis distal del mismo hueso. Se procedió a cambiar el clavo y reducir la nueva fractura, se hospitalizó el perro durante 20 días permitiéndole una deambulaci3n pasiva con apoyo restringido, a la sexta semana de la nueva cirugía se retiró el implante y se observó un seroma en la parte proximal (el cual se desbridó y suturó), el perro mostró cierto dolor a la flexi3n y extensi3n del miembro.

Caso 4 Hembra Doberman de 5 años de edad 18 kg presentó una fractura oblicua corta se colocó un clavo de 6mm de diámetro, con 160 mm de longitud, con cuatro pernos de 30mm de longitud, la perra apoyó el miembro al tercer día de la cirugía, se retiró el clavo a las doce semanas, con apoyo del miembro al día siguiente del retiro.

Caso 5, de raza Doberman, de 6 años con fractura oblicua se le colocó clavo de 6 mm de diámetro, por 160mm de longitud y cuatro pernos de 30mm de longitud, el animal apoyó al segundo día de la cirugía, se retiró el implante a la octava semana, mostrando apoyo total al día siguiente del retiro. No hubo complicaciones.

Caso 6 mestiza de seis años de edad, con 19 kg de peso, con una fractura transversa se le colocó un clavo de 6mm de diámetro, por 160mm de longitud y cuatro pernos de 30mm de longitud, apoyó a los tres días de la cirugía, el retiro del clavo se hizo a las 8 semanas. con apoyo inmediato, sin ninguna otra complicaci3n.

Caso 7 mestizo, de cuatro años de edad, de 20 kg de peso, con una fractura oblicua. se le colocó un clavo de 160mm de longitud y cuatro pernos de 25mm de longitud. Apoyó a los dos días de la cirugía. El retiro del implante se hizo a las 12 semanas de la cirugía, con apoyo inmediato del miembro.

Caso 8 Hembra raza Bullterrier de tres años de edad con un peso de 25 kg con una fractura oblicua corta que ya había sido tratada con un clavo libre, el cual migró proximalmente a las dos semanas sin datos de consolidación radiológica. se le retiró dicho implante e se le colocó un clavo 160 mm de longitud, con un diámetro de 6mm de diámetro, con cuatro pernos de 30mm de longitud, el perro apoyó al segundo día de la cirugía, el retiro fue a las cuatro semanas.

Se operaron en	5 hembras	62%
	3macho	38%
Peso máximo	28kg.	
Mínimo	13.5kg	
Promedio	20.9kg	
Edad máxima	10años	
Mínima	7 meses	
Promedio		
Longitud del clavo	6 (160)	75%
	2 (180)	25%



Pernos 25 mm longitud (16)	50%
30 mm longitud (16)	50%
Trazo de fractura	
6 oblicuas	75%
2 transversas	25%
Retiro del implante	máximo 12 semanas
	Mínimo 3 semanas
	Promedio 7.8 semanas

Dos perros habían sido tratados anteriormente y la técnica empleada fracasó. Se les reoperó y se les colocó el clavo bloqueado.

**TABLA 1. Resumen de resultados.**

Número	Raza	Edad/ sexo	Peso	Fractura	Longitud clavos	Longitud Pernos	Toma Rx y retiro
1	Doberman	7 meses hembra	13.5kg	Oblicua Corta	160 mm	25,30 mm	1,2 semanas
2	Mestizo	7 años macho	25kg	Transversa	180 mm	30 mm	4,8 semanas
3	Mestizo	10 años macho	28kg	Oblicua Corta	180 mm	30 mm	1,3 semanas
4	Doberman	5 años hembra	19kg	Oblicua Corta	160 mm	25 mm	4,8,12 semanas
5	Doberman	6 años hembra	18kg	Oblicua larga	160 mm	25 mm	4,8 semanas
6	Mestizo	6 años hembra	19kg	Transversa	160 mm	25 mm	4,8 semanas
7	Mestizo	4 años macho	20kg	Oblicua Larga	160 mm	25 mm	4,8,12 semanas
8	Bullterrier	3 años hembra	25kg	Oblicua Corta	160 mm	25,30 mm	4, semanas

**NOTA** En todos los casos se tomaron radiografías preoperatorias y en la última toma referida se hizo el retiro del implante.

## **DISCUSIÓN.**

El clavo utilizado en este trabajo fue de acero inoxidable 316 LBM el cual tiene alta resistencia a la corrosión, así como a la carga axial por ser un clavo macizo y no hueco, como lo refieren en sus trabajos Biomecánicos: Colchero (1983), Duelan (1991) y Trostle en 1995.

De los ocho clavos colocados, 2 (25%) fueron de 180 mm de longitud, relacionándose esto con los perros de mayor peso y los seis restantes (75%) fueron de 160mm de longitud; en todos los casos de seis mm de diámetro.

En este trabajo se operaron 5 hembras (65%) y 3 machos (35%) no encontrándose reportado en la literatura mundial, la proporción en cuanto al sexo.

El tiempo quirúrgico promedio fue de 60 minutos consistente con los resultados que presentan Duelan y Durall (9 y 12).

El tiempo de consolidación y retiro fue máximo de 12 semanas y mínimo 3. Con un promedio de 7.8 semanas consistente con los resultados de perros tratados con clavo libre, placa de compresión y fijadores esqueléticos (7).

El trazo con mayor frecuencia fue oblicuo 6(75%) y transversas 2(25%). Tampoco se encontró referencia bibliográfica al respecto.

Deambulación; la marcha se les permitió a las 24 horas después de la cirugía, por que en este estudio el clavo que se utilizo fue macizo, descrito anteriormente, el cual, como lo publicó Duelan es capaz de substituir al hueso reparado por su alta resistencia a la inclinación y a la carga axial. Permitiendo esto un tratamiento funcional activo, ya que permite la transmisión de micromovimientos del orden .09 mm (5, 8, 9 y 10)

Los perros que ya habían sido tratados con otros métodos de osteosíntesis y fallaron, se les retiró el implante y se les colocó el Clavo Bloqueado, proporcionando este la estabilidad mecánica necesaria para la consolidación (8,9,10,20,21 y 29).

En dos casos se observó un seroma de la zona circundante al trocánter, al retiro del implante este se desbrido y se eliminó, esto no interfirió con el tratamiento ni la consolidación.

Ninguna infección de tejidos blandos u óseos se presentaron en este trabajo.

Las tomas radiográficas consecutivas son adecuadas para un mejor seguimiento de los casos (8,9,11 y 12).

La técnica quirúrgica es similar a la del enclavado libre, solo que se necesita el equipo y el cuidado para la colocación de los pernos.(8,9,12 y 13)

El clavo tiene cuatro orificios colocados estratégicamente para que se adapte a cualquier tipo de fractura diafisaria femoral, tal como lo refiere el Dr. Duelan, en sus trabajos, a diferencia del clavo utilizado por el Dr. Durall, el cual tiene 13 orificios. reportando ruptura ocasional del clavo por las fuerzas de flexión provocadas por el apoyo del miembro operado, tomando en cuenta que entre mayor número de orificios tenga el implante, se debilita, debido a la alta concentración de esfuerzos al rededor de éstos lo que provoca la falla del implante.

Los clavos que quedaron afuera aproximadamente 3 cm de la fosa intertrocánterica en los perros 1, 3, provocaron la formación de un seroma lo que produjo dolor a la extensión y flexión del miembro operado, resolviéndose esto al retirar el implante cuando la consolidación ya era inminente, se pudo haber evitado esta complicación introduciendo un poco más el clavo hacia la

parte distal de hueso, cosa que se realizó en los casos restantes. En el caso 3 tuvo que ser reoperado por tener una nueva fractura al cuarto día de la primera cirugía complicación que se presentó por un nuevo traumatismo infligido en la casa del propietario el cual tenía obra de construcción. Esta complicación se hubiera evitado si el propietario hubiera mantenido al perro en una zona segura.

El clavo intramedular bloqueado neutraliza todas las fuerzas que se presentan en una fractura diafisaria, como son las de torsión flexión, compresión axial, cizallamiento, que un simple clavo libre no logra neutralizarlas, ni las placas que generalmente al colocarlas ocasionan una desperiostización excesiva así como ruptura de ésta principalmente por las fuerzas de flexión (Colchero, Duellan), o como en los casos 2 y 8, referidos con anterioridad. El caso número 8 había

El equipo permite que la colocación del clavo y el retiro sean técnicas sencillas con cortos tiempos quirúrgicos que con la práctica continua se van mejorando. Además evita el uso de fluoroscopia, siendo esta lesiva para el paciente y el equipo médico.

El uso de pernos en vez de tornillos aumenta la resistencia del sistema a las fuerzas de cizallamiento, evitándose el aflojamiento y ruptura del implante. En los casos 4, 6 y 8 el orificio más proximal del clavo no quedo bloqueado, por falla en la técnica quirúrgico, esto es consistente con las complicaciones que publico Durall (1994).

## CONCLUSIONES

El tratamiento con el Clavo Intramedular Bloqueado en fracturas diafisarias de fémur de perros sin importar el trazo, es adecuado porque al ser un implante macizo y que se coloca dentro del canal medular y al fijarlo al hueso integro con pernos permite; primero la estabilidad y alineación necesaria para facilitar que las interacciones bioquímicas y moleculares, reparen el hueso dañado.

Segundo; debido a su alta resistencia, permite el apoyo del miembro de forma temprana lo cual estimula el efecto piezoeléctrico, mecanismo mediante el cual se acelera el depósito de sales de calcio y otros elementos que participan en la formación de hidroxiapatita. como lo han demostrado en sus trabajos; Colchero, Duelan y Durall.

En seis de nuestros casos que se les colocó el Clavo Bloqueado como tratamiento inicial, el apoyo fue inmediato y la consolidación adecuada.

En los casos que fue utilizado como método de segunda opción, el Clavo Bloqueado demostró ser el método adecuado para reparar estas no uniones óseas.

El tiempo quirúrgico se acortó conforme se practicaron las cirugías, por lo cual concluimos que la práctica de esta técnica facilita su uso.

Los perros apoyaron a partir del segundo día; esto nos habla de que la osteosíntesis fue adecuada para estas fracturas

Las complicaciones que se presentaron en este trabajo fueron: la dificultad para la localización

de tres orificios, la colocación de estos tres pernos fue al lado del clavo. Esto se puede evitar con la práctica correcta de la técnica

La colocación errónea de los tres pernos, la presencia de los dos seromas y la falla del tratamiento de los dos casos antes referidos, no interfirieron para que este tratamiento permitiera la consolidación de sus respectivas fracturas.

El costo de los clavos para fémur, como el que aquí se empleo es de aproximadamente \$50 USD.

En el caso del equipo completo (con el adaptador para clavos de 4 y 5 mm de diámetro, para gatos, perros de talla chica) es de aproximadamente \$350 USD.

Los resultados que se obtuvieron con este sistema justifican su uso rutinario en la clínica de pequeñas especies.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Borjab J. M. Técnicas actuales en cirugía de animales Intermedica 3ª edición Montevideo. Uruguay 1993.
- 2.- Brumback R.J.et al , intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part III:long-term effect of static interlocking fixation. J Bone Joint surg.1992
- 3.- Colchero, R.F.: Método Para evitar el aflojamiento de pernos y tornillos en los clavos cerrojos. Publicación Rev. Med. Vol.3 No3 julio-septiembre 1991.
- 4.-Colchero R.F. y Peruchon, E.: Clavo intramedular fijo al hueso por pernos en las fracturas y pseudoartrosis de la diáfisis del fémur, la tibia y el húmero. Publicación Revista de Ortopedia y Traumatología. Vol 27
- 5.- Colchero R.F.clvo colchero (sus bases, su biomecánica y otros factores). Rev. Méx. Onthop. Traum , 5 (3), 98-102. México,1991.
- 6.-Colchero R. F. y Peruchon E. "Clavo intramedular fijo al hueso por pernos en las fracturas y pseudoartrosis de la diáfisis del fémur, la tibia y el humero. Rev. Ort. Trau. 27 (3) , 283-300
- 7.-Denny H. R. "A guide to canine and feline ortopeadic surgery" 3ª edición Blackwell Scientific Publications, E.U.A. 1993.
- 8.-Duelan 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. No. 20 ( 5 ) 334-338 1991.



- 9.-Duelan R.T. and Johnson K. A. "Interlocking nail fixation of diaphyseal fractures in the dog a multicenter study of 1991-1992 Vet. Surg Jul-Aug. No. 23( 4 ).
- 10.-Dueland R. T., Berglund L., Vanderby R. and Chao E. Y. S. "Structural Properties of Interlocking Nail Constructs" 25: 386-396, 1996.
- 11.-Durall I., Diaz M.C. And Morales I. Interlocking nail stabilisation of humeral fractures. Initial experience in seven clinical cases. VCOT 7, 3-8. E.U. 1994.
- 12.-Durall I., Díaz M. C., Morales I. "An experimental Study of Compression of Femoral Fractures by and Interlocking Intramedullary Pin" Vet. Surg. E.U.
- 13.-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.
- 14.- Eveleigh R.J "Review of biomechanical studies of intramedullary nails" Med. Eng. Phys. Jul. No. 17 ( 5 ) 323-331 1995.
- 15.-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.
- 16.-Gustilo R. B., Kyle R. F., Templeton D. C. Fracturas y Dislocaciones. Editorial Mosby 1993.
- 17.-Heitemeyer V., Clases, L., Heirholzszer, G. and Korber M. "significals of postoperative stability for bony reparation of conminuted fracture an experimentall study". Arch. Ortho. Trauma Surg. No.109 ( 3 ) 144-149 1990.

- 18.-Kyle R.F.: Bioimchanical characteristics of interlocking femoral nails in the treatment of complex femoral fractures. Clin. Orthop.1991
- 19.-Lecona B.H., Arriaga BC., Ojeda FJ. Y Pérez VL. "Tratamiento de las fracturas diafisarias de fémur en perros con clavos bloqueados" Revista de la Asociación Mexicana de Medicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies. (AMMVEPE) Marzo/Abril 1997 Vol. 8 No. 2.
- 20.-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 .No 23 ( 4 ). 219-230. Jul-Aug 1994.
- 21.-Muir P., Parker R. B., Goldsmid S. E., and Johnson K. A. "Interlocking intramedullary nail Stabilisation of a diaphyseal tibial fracture" Jour. of Sma. Anim. Pract. 34, 26-30 1993.
- 22.-Müller M, E., Allogöwer M Schneider R., Willenegger H. "Manual de steosintesis técnicas recomendadas por el grupo de la AO " tercera edición 1992 Springer Verlag Ibérica Madrid España.
- 23.-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 No.12 Otoño 1988, J. biomed. Eng 1984, (6) junuary.
- 24.-Piernatey DL. And Greeley RG. An atlas of surgical aproaches to the bones of the dog and cat. Sasunder and company Philathelphia E.U.19
- 25.-Russell T.A.: Mechanical characterization of femoral interlocking intramedullary nailing system. J orthop. Trauma, 1991 Abstract

- 26.-Rockwood C. A., Green D. P., Bucholz R. W. Fractures in adults. Third edition 1991 J. B. Lippincott Company Philadelphia.
- 27.-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 anim Pract. 21 ( 4 ) 687-703 1991.
- 28.-Slatter D. H. "Texto de cirugía de los pequeños animales" tomo I, Salvat Barcelona, España 1989.
- 29.-Tostle S. S., Wilson D.G., Duellan, R. T. and Markel M.D. "In vivo biomechanical comparison of solid and tubular interlocking nail in neonatal bovine femurs" Vet. Surg. May-Jun No. 24( 3 ) 235-243 1995.
- 30.-Wiss D.A.: interlocking nailing for the treatment of complex femoral fractures due to gunshot wounds. J Bone Joint Surg. 1991.
- 31.-Wu C.C. Distal femoral nonunion treated with interlocking nailing. J Trauma, 1991

## **ANEXO**

### **7.1 FRACTURA.**

El hueso se fractura como consecuencia de una sobrecarga mecánica . La fractura interrumpe en fracciones de milisegundo, la integridad estructural y con ello la resistencia del hueso (Asociación Suiza para el Estudio de la Osteosíntesis -AO). El trazo de fractura depende sobre todo, de la 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 metafisis, tiene como consecuencia la impactación (fracturas sin contacto entre los principales fragmentos tras el restablecimiento de la longitud del hueso). El grado de fragmentación depende de la energía almacenada anterior al proceso de fractura por lo tanto, las fracturas con tercer fragmento de cuña y las multifragmentarias están asociadas a una enorme liberación de energía(22,26).

### **7.2 PRINCIPIOS DE FRACTURAS**

Las fracturas en rama verde que son comunmente vistas en cachorros y dificilmente en adultos. Cuando la diáfisis de un hueso largo es llevado hasta su máxima resistencia se dice que está impactada creen que la fractura tan conocida como de impacto del cuello femoral en realidad es un fractura incompleta o parcial (7.22,26)

Son llamadas fracturas abiertas aquellas en que los tejidos blandos superiores han sido desgarrados exponiendo la fractura al medio externo. Cerradas, cuando no hay relación con el medio externo (7,16,22,26,28)

A pesar de que la mayoría de las fracturas ocurren como resultado de la acción de una fuerza lo suficientemente poderosa para lesionar a un hueso normal existen dos tipos de fracturas que no caen dentro de esta clasificación : **a)Fracturas Patológicas b)Fracturas por Estrés.**(7,26,28)

**a)Fracturas patológicas :**Son aquellas en la que el hueso se rompe en un área debilitada por una enfermedad preexistente que en cualquier hueso normal quedaría intacto. La osteoporosis bajo cualquier causa, puede resultar en una fractura patológica, sin que se relacione únicamente con tumores óseos como el mieloma (7,26,28)

#### **Fracturas por estrés:**

El hueso como otros materiales reacciona a repetidas cargas, que en ocasiones llega a producir una fatiga de su estructura, la cual puede conducir a la ruptura del hueso y esto generar una fractura completa o incompleta del mismo. Esto es más observable en animales con ejercicios fuertes y prolongados (perros de tiro, de carreras etc.)También el estrés puede ser producido de súbito aplicando tal fuerza directa al hueso que condiciona a la fractura ósea ,esto sucede por ejemplo en las caídas o accidentes automovilísticos (7,26,28)

#### **- Biomecánica de las fracturas:**

La biomecánica para los ortopedistas veterinarios es un término drástico, pero el entendimiento de algunos principios son necesarios para el buen tratamiento de las fractura. Se relaciona en perros de acuerdo con las actividades que desarrollan, pero comprendiendo algunos principios del mecanismo de acción de los factores **a) extrínsecos b) intrínsecos** que puedan llegar a producir un estrés condicionando a una lesión ósea (5,22,23,26,28)

**a) Factores extrínsecos:**

Son importantes en la producción de fracturas debido a la magnitud, duración y dirección de la fuerza a la que es sometida un hueso y la velocidad en que es expuesta a dicha carga. (22,26)

Fuerza: es la acción o influencia (como jalón o empuje) que al aplicarse sobre un cuerpo libre tiende a acelerar y deformarlo. Fuerza = masa x aceleración. Las fuerzas tienen tanto magnitud como dirección y pueden representarse a través de vectores. Una carga es una fuerza sostenida por un cuerpo. Si no resulta ninguna aceleración de la aplicación de una carga se deduce que una fuerza de igual magnitud pero de dirección opuesta la contrarresta (tercera ley de Newton).(22,26)

El estrés puede definirse como una resistencia interna a la deformación bajo carga la fuerza interna generada dentro de una substancia como resultado de la aplicación de una carga externa (22,26)

**Estrés = Carga / Area donde la carga actúa.**

El estrés no puede medirse directamente, sin embargo, tanto este como la fuerza pueden clasificarse en tensión, compresión y deformación (22,26)

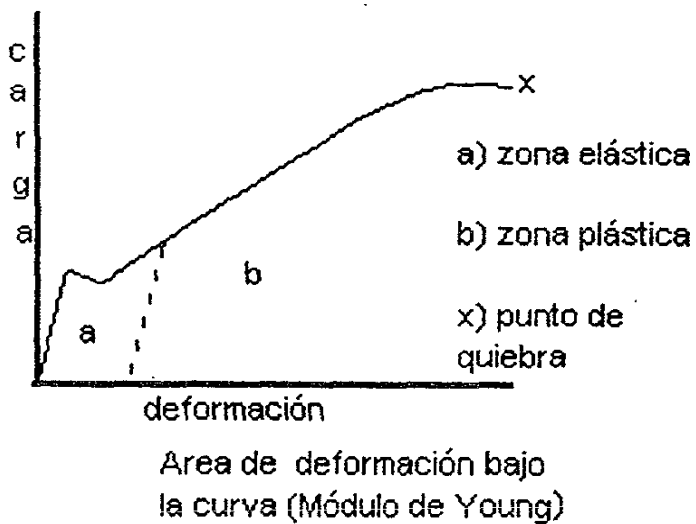
**b)Factores intrínsecos.**

Gaynor Evans enlisto las propiedades que son importantes en el hueso para la determinación de las fracturas (22,26)

a)Capacidad de absorción de energía: Es la capacidad de trabajo, y el trabajo es el producto de la

fuerza de movimiento a través del desplazamiento (22.26)

7.4 b) Módulo de Young y curva de resistencia al esfuerzo: también conocida como resistencia fuerza deformante. (22,26,28)



## Resistencia plástica

Es cuando se sobrepasa dicha capacidad y el cuerpo no recupera su forma original .

Si la fuerza es aún mayor provocara la falla de cuerpo esto se define como **punto de quiebra**.

Resistencia es igual a la capacidad de un material para absorber cierta cantidad de energía antes de fallar, y se mide en joules/m<sup>3</sup> (26.28)

El hueso inmaduro resiste la sobrecarga no por su tamaño o resistencia física. sino por su capacidad de absorber energía durante la deformación. Conforme madura el hueso aumenta el módulo elástico a una tasa paralela al crecimiento. El hueso se vuelve más fuerte pero también más rígido. Conforme el hueso se vuelve más rígido, se adapta a los factores biológicos y fisiológicos que los afectan, mejorando su aptitud para resistir las cargas a las que están sujetos.



7.5 El principio de adaptación ósea se conoce como **Ley de Wolff**, que de una forma simplificada afirma que se deposita hueso donde se requiera como respuesta al estrés mecánico. Este principio se observa perfectamente en el patrón trabecular del fémur proximal y de hecho muchas de las teorías originales de Wolff son el resultado de ésta área. Investigaciones recientes sugieren que esta necesidad del hueso se transmite por potenciales piezoeléctricos (iones anfotéricos)(4,5,26)

c)Resistencia a la fatiga: Es la resistencia que presenta el hueso a la fatiga con una fuerza determinada, la cual esta por debajo del límite mayor a deformación irreversible. Si la fuerza supera dicho límite no importando el número de ciclos a que es sometido el hueso, se producirá una fractura por fatiga. Normalmente los músculos permiten al cuerpo liberar del estrés a los huesos está liberación se pierde cuando la acción de los músculos no es la óptima (22,26,28)

Un fenómeno especial, que se presenta durante la fractura es la **implosión** que ocurre inmediatamente después de la ruptura de los tejidos blandos. Como han señalado Moor et al. esta implosión (y con ella una intensa lesión de tejidos blandos a causa de la cavitación, similar a la producida en las heridas de bala) se puede observar utilizando cinematografía de alta velocidad.

## 7.6 REPARACION OSEA.

La reparación de la fractura es uno de los procesos corporales más notables, dado que no resulta en una cicatriz sino en la reconstrucción a partir de tejido lesionado de una estructura muy similar a su forma original.(7,22 y 28)

### **Consolidación primaria:**

La reparación ósea primaria sucede con una fijación interna rígida y resulta en la unión ósea por crecimiento directo de los sistemas haversianos a través de la fractura. Existe un callo externo mínimo o nulo. La lesión del suministro sanguíneo a las osteonas cerca del área de fractura estimula una intensa actividad en los sistemas haversianos del área. Los osteoblastos forman puntas de lanza en los extremos de los canales haversianos cerca del área de fractura, y aumentan de tamaño como preparación para un nuevo sistema. Las puntas de lanzas osteoblásticas (conos cortantes) avanzan seguidamente a una velocidad de 50 a 80 micras por día, produciendo canales haversianos aumentados de tamaño que atraviesan desde un fragmento al contrario. La reparación se produce cuando se forman nuevas osteonas que cruzan el área de fractura para sustituir las antiguas que fueron privadas del suministro sanguíneo local. Si existe un espacio entre los fragmentos de la fractura o si la inmovilización no es rígida, esta reparación no se lleva a cabo. Se sustituye por una unión similar a la observada en el tratamiento no quirúrgico de las fracturas. Con toda seguridad, la consolidación ósea primaria no representa una forma cualitativa, sino cuantitativa de cicatrización debido a su ambiente mecánico. (7,22 y 28)

### **Reparación ósea secundaria.**

Si no existe una fijación interna rígida y una posición anatómica excelente el hueso obtiene la consolidación mediante una serie de acontecimientos conocida como reparación ósea secundaria (7,22, y 28)

Los estadios clásicos de la reparación de las fracturas incluyen la progresión de acontecimientos fisiológicos desde el impacto fracturante, hasta la remodelación de la fractura.

**-Estadio de impacto fracturante:** el hueso absorbe energía hasta que se rompe, cuanto mayor es el ritmo de la aplicación de fuerza, mayor es la energía que el hueso puede absorber. La cantidad de energía absorbida es directamente proporcional al volumen del hueso. Cuando aparece la fractura, esta energía se libera a los tejidos circundantes .(7,22 y 28)

**Estadio de inducción.** Este es quizás el menos diferenciado dado que ocurre entre el impacto fracturante y el final de la inflamación. Después del impacto las células del área de fractura son inducidas a formar hueso. El estímulo para esta inducción es probablemente multifactorial, implicando enzimas, pH, y tensión de oxígeno, así como factores de crecimiento

**-Estadio de inflamación:** en el hueso al igual que en otros tejidos, la respuesta inmediata a la lesión es la inflamación y el edema. El estadio inflamatorio se inicia inmediatamente después de la fractura, y persiste hasta el inicio de la formación de cartílago o hueso. Existe una interrupción del suministro sanguíneo en el interior del hueso y los tejidos circundantes con hemorragia y formación de hematoma. El papel exacto del hematoma esta sujeto a debate, Lexer cree que el hematoma de la fractura representaba un material inactivo entre los extremos de la fractura sin valor para la unión. Mientras Phemister opinó que, la fibrina del hematoma podría estimular la regeneración celular y contribuir a inmovilizar los extremos de la fractura. Podría avanzar tejido de granulación hacia el hematoma y tener una función similar a la que tiene en la reparación de tejidos blandos. La mayor parte de los investigadores concuerdan que el papel activo de hematoma es poco importante en el proceso de reparación de la fractura. Varios estudios han demostrado que el hematoma entre los extremos de la fractura se elimina virtualmente con una fijación interna anatómica rígida, condiciones en las que se produce la consolidación ósea primaria .(7,22 y 28)

Después de la fractura se produce una gran liberación de enzimas lisosomales. El hueso en el extremo del área de fractura sobre las superficies periósticas y endósticas se necrosa y existe un estado de hipoxia en un ambiente ácido. El tejido blando de la región muestra los cambios habituales de inflamación con vasodilatación y la salida de plasma y leucocitos. Rápidamente aparecen polimorfonucleares, histiocitos y mastocitos y comienzan el proceso de limpieza de residuos. Empiezan a movilizarse osteoclastos y puede observarse la actividad osteolítica a lo largo del borde fruncido de la célula

**Estadio de callo blando.** Varios días después de la lesión proliferan los fibroblastos al igual que en la fase fibroblástica de la cicatrización de los tejidos blandos. Simultáneamente, células osteogénicas del periostio y del endostio migran y proliferan en el área de la fractura. Esta es una fase muy activa en la que se forma un callo externo y un callo blando interno. El callo externo desempeña un importante papel ayudando a inmovilizar la fractura y a cargar el hueso mucho antes de completar la unión (7,22 y 28)

Mientras se forman los tejidos del callo cada uno deposita su matriz extracelular característica. La producción de colágeno por los fibroblastos se inicia en varios días y alcanza su máximo al cabo de una semana. La producción de mucopolisacáridos característica de la actividad del cartílago, alcanza también el máximo a la semana y se reduce lentamente durante muchas semanas más. Asimismo la captación del calcio aumenta lentamente varios días después de la fractura, y no alcanza el máximo hasta pasadas varias semanas. Pudiendo continuar elevada durante meses o años. La superficie del callo blando es electronegativa y permanece así durante toda esta fase, que suele durar de tres a cuatro semanas o hasta que los fragmentos queden unidos por tejido fibroso y colágeno o ambos. El final de esta fase es clínicamente manifiesto cuando los

fragmentos óseos ya no presentan movilidad macroscópica y están por lo menos en una fase adherente.(7,22 y 28)

**-Estadio de callo duro:** En este estadio el callo se convierte gradualmente en hueso esponjoso. En las áreas donde encontramos cartilago la conversión se produce por osificación endcondral. Conforme progresa la osificación endcondral y la mineralización del nuevo osteoide, la cicatrización se visualiza en las radiografías. Al cabo de una a tres semanas se observan focos de mineralización como copos de material radiodenso en el callo. El callo tiene un aspecto esponjoso, y conforme estos copos se van uniendo y el callo va madurandovolviéndose más rígido la radiodensidad se vuelve más uniforme. Eventualmente se desarrolla un patrón trabecular, y puede observarse trabéculas individuales cruzando la línea de fractura. Aunque el final arbitrario de este estadio de reparación es el momento en que la fractura ha consolidado lo suficiente para permitir una función normal, la fractura continua fortaleciéndose y remodelándose durante la fase final de la consolidación .(7,22 y 28)

**-Estadio de remodelamiento.** El estadio final de la reparación de las fracturas es más largo y se caracteriza por un cambio lento en la forma del hueso para permitir su función y para restaurar una resistencia normal o casi normal. Este proceso que es una versión acelerada del fenómeno normal de depósito y reabsorción, puede incluso producirse en seis a nueve años después de la fractura. La capacidad de remodelamiento es marcadamente mayor en el animal inmaduro que en el adulto. No es insólito que en el animal inmaduro un hueso consolide en posición angulada y se remodele de forma activa y se alinee de forma anatómica únicamente varios meses después. El hueso adulto carece de esta capacidad incrementada o de remodelar activamente deformidades angulares en el área de fractura. En consecuencia, las fracturas del animal maduro deben ser

correctas y precisamente reducidas si se desea mantener un alineamiento anatómico .(7.22 y 28)

### **7.7 EVALUACION RADIOLOGICA DE LA CONSOLIDACION.**

Uso de la radiografía como método para la evaluación de la consolidación ósea:

La radiografía es esencial como complemento de la evaluación clínica de la consolidación ósea, y como seguimiento de un examen radiológica de rutina se usan los siguientes tomas: (7 y 28)

A.P. y lateral vistas que son tomadas preoperatoriamente.

A.P. y lateral que son tomadas postoperatoriamente.

Con la reducción cerrada debe tener cuando menos el 50% de contacto las superficies de los fragmentos óseos para que ocurra una consolidación.(7 y 28)

Se toman vistas A.P. y lateral al mes, a los dos meses y a los cuatro meses cuando la consolidación usualmente ya se llevo a cabo y de ser necesario retirar los implantes.

### **7.8 TIEMPO DE CONSOLIDACION DE LA FRACTURA EN PERROS**

El tiempo de reparación de la fractura está influenciada por muchos factores:

#### **1) Edad:**

La reparación de las fracturas es más rápida en animales jóvenes, por ejemplo en perros inmaduros la unión y remodelación de la fractura puede ser completada alrededor de seis semanas, en cambio en perros adultos está puede ser alrededor de cuatro meses cuando la remodelación es completa (7,8,9,12,19 y 28)

## 2) Especie animal:

Clinicamente el tiempo de reparación suele variar con la especie. Se presenta más lentamente en caballos y ganado vacuno que en gatos y perros. Pero está puede variar con factores mecánicos involucrados siendo más fácil inmovilizar fracturas en pequeños animales que en los grandes (7,8,9,12,19 y 28)

## 3) Tipo de hueso involucrado:

El callo óseo es irrigado abundantemente y es más rápida la consolidación en un hueso compacto. Consecuentemente las fracturas involucradas en la metáfisis o la epífisis del hueso son reparadas más rápidamente que las localizadas en la diáfisis (1 y 28)

## 4) El tipo de fractura:

Las fracturas impactadas y en espiral largas o fracturas oblicuas, las superficies son reparadas más rápidamente con relación a las cerradas.

Las fracturas conminutadas, donde los fragmentos son múltiples consolidan más lentamente por su inherente inestabilidad e interrupción del riego sanguíneo proporcionado a los fragmentos óseos. La consolidación puede ser demorada por la presencia de infección (4,7,22,26 y 28)

## **TIEMPO DE CONSOLIDACION POR LOS DIFERENTE METODOS DE FIJACION.**

Brinker en 1978 definió la unión clínica como el periodo de tiempo de recuperación y de consolidación de la fractura siendo ya posible retirar los dispositivos de fijación.

El realizó una tabla siguiendo los promedios anticipados de la consolidación en tiempo, para f

fracturas simples en perros de diferentes edades usando diferentes métodos de fijación

EDAD	FIJACION EXTERNA	FIJACION ESQUELETICA	CLAVO INTRAMEDULAR	PLACA
MENOS DE TRES MESES	2-3 SEMANAS	2-3 SEMANAS	2-3 SEMANAS	4 SEMANAS
3-6 MESES	4-6 SEMANAS	4-6 SEMANAS	4-6 SEMANAS	2-3 SEMANAS
6-12 MESES	5-8 SEMANAS	5-8 SEMANAS	5-8 SEMANAS	3-5 MESES
MAYOR DE 1 AÑO	7-12 SEMANAS	7-12 SEMANAS	7-12 SEMANAS	5 MESES A 1 AÑO

Cuadro 1.1 Tiempo de unión clínica Brinker (1978).

Morgan (1972) señaló que después de la reducción el primer cambio radiográfico en el sitio de fractura ocurre a los 10-14 días, cuando la línea de fractura aparece más clara como resultado de la reabsorción ósea a lo largo del borde de la fractura

El callo inicial no es calcificado, por lo que no es visible radiológicamente. La primera evidencia radiográfica confiable de la reparación ósea comienza con la calcificación del callo periostial. Aunque el callo periostial tiende a obscurecer el callo endostial, radiográficamente el callo endostial contribuye enormemente en la desaparición de la línea de fractura. El signo radiográfico posterior de la unión ósea es la reabsorción del modelo trabecular el cual obscurece la línea de fractura original (7 y 28)



Los cambios radiográficos deben ser complementados con la evidencia clínica de la unión de la fractura la cual puede ser brevemente resumida a continuación: (7)

- 1.-Que no exista dolor a la manipulación.
- 2.-Que este estable el sitio de fractura.
- 3.-El callo puede ser palpable dependiendo del método de fijación de la fractura.

#### **7.9 RESISTENCIA A LA FATIGA DE LOS IMPLANTES.**

Cuando un material es sujeto a estrés cíclico o continuo, puede fallar, esto está relacionado con la magnitud individual de la carga, la cual es menor a la resistencia total del material. Esto es conocido como falla por fatiga. En el metal, este proceso inicia como una o más micro fracturas en la superficie, las cuales gradualmente se propagan sin la ruptura total del área lo cual conlleva a la falla del metal por un mecanismo de carga convencional. Por esto una síntesis estable con la reducción anatómica de los fragmentos restablece la continuidad estructural con la obvia recuperación de la capacidad de que el hueso soporte carga, disminuyéndose así la carga soportada por el implante. El hueso reconstruido protege al implante. El aumento de las cargas debido al uso incorrecto de un implante es mayor que el aumento que proporciona las mejores técnicas metalúrgicas, por lo tanto, un cirujano puede cambiar la carga del implante de dos a cuatro veces, mientras que un ingeniero metalúrgico sólo puede mejorar la resistencia del implante en un máximo del 30% (5,6,8, 22 y 26)

## EL HUESO COMO MATERIAL.

La resistencia del hueso, es aproximadamente una décima parte de la del acero. La estructura de apatita del hueso le confiere esta formidable resistencia a la compresión. En general se considera a los elementos distensibles del hueso como las fibras de colágeno, como bastante más débiles. La resistencia de la tibia a la tensión, por ejemplo, es aproximadamente 20% menor que su resistencia a la compresión. La del radio por otro lado es casi un 20% mayor (Knets. 1980) . La resistencia del hueso esponjoso es muy variable y suele ser menor de una décima parte que la del hueso cortical (Yamada y Evans; 1970). Cuando se aplica compresión sobre el hueso mediante los denominados implantes rígidos, esta se mantiene debido a la capacidad de deformación elástica del hueso. Una propiedad dominante del hueso es su debilidad: el hueso se comporta de forma más parecida al cristal que a la goma. Cuando un hueso se deforma (por ejemplo una elongación), aunque solo sea en un 2% de su longitud se rompe (22 y 26)

### 7.10 Propiedades biomecánicas del hueso:

Cuando el hueso es comparado con el acero éste, es tres veces más ligero y diez veces más flexible, pero ambos materiales tienen casi la misma fuerza tensil (7,22 y 26)

El hueso es un material bifásico, compuesto por una matriz, la cual es mayormente colágena. en un 70% y un 30% de minerales, entre los cuales se encuentran: carbonato de calcio, magnesio, manganeso, y otros, los cuales forman la hidroxiapatita; los iones anfotéricos de estas sales estimulan el depósito continuo de más minerales, debido al fenómeno piezoeléctrico, que se produce con la transmisión de las cargas a través del hueso durante la marcha (7,22 y 26)

La presencia de pequeños conglomerados de cristales de hidroxiapatita pueden prevenir a un

hueso de una propagación de la ruptura, formando una fractura en T que disipa la energía y previene la extensión de la misma (mecanismo Cook Gordon)(26)

### **Efectos de los materiales implantados:**

El principal y primer cometido de los materiales utilizados para la osteosíntesis es proporcionar una fijación temporal de la fractura que permita su tratamiento funcional. Es necesario que tenga una buena resistencia a la fatiga. Deben ser dúctiles, de forma que mantengan la resistencia después de haber sido adaptados a la superficie del hueso. Para mantener la compresión, la relajación del implante a la tensión debe ser mínima. El material no debe degradarse de forma incontrolada (5,6,8,22 y 26)

### **7.11 CLASIFICACION DE LAS FRACTURAS**

Existen diversas alternativas para el tratamiento de las lesiones del sistema músculo esquelético y cada corriente defiende su postura a cerca de cómo manejar un determinado tipo de fractura. Se conoce que el tiempo de curación y las complicaciones, o ambos están determinados, más por el patrón y la gravedad de la lesión, que por las técnicas de fijación utilizadas. Por eso a menos que se definan los patrones de la lesión será posible establecer comparaciones válidas entre los distintos métodos de tratamiento (16 y 22).

A principios de los 80s Ramón Gustilo observó la necesidad de una clasificación global de las lesiones del sistema músculo esquelético y la desarrolló.

La clasificación actual es la misma que la Orthopaedic Trauma Hospital Association llamada,

ahora Orthopaedic Trauma Association ,también hay que estar ciertos que ninguna clasificación puede satisfacer a todos los veterinarios y en algunas ocasiones parecerá excesivamente general . muy mecanizada o con términos muy anatómicos , pero lo que es cierto es que la comunicación ,además del emisor receptor requiere de un lenguaje mediante el cual se puedan intercambiar ideas.(16 y 28)

Los principios básicos de la clasificación de las fracturas se basan en las siguientes categorías:

1.- Dos tipos de huesos

- a. Huesos largos ,ejemplo :fémur, tibia, etc.
  
- b. Huesos planos ,ejemplo :escápula, vértebras, etc.

2.- Los huesos largos se hallan divididos en subtipos

- a. intraarticular
  
- b. Extraarticular

3.- La porción extraarticular se divide en tres partes

- a. Extremo proximal - metafisis y cuello
- b. Extremo distal -porción metafisiaria
- c. Diáfisis dividida en tercios: proximal medial y distal

4.- Los huesos planos se dividen

- a. Articular
- b. Cuerpo (extraarticular)

5.-Configuración de las fracturas

A)Para las fracturas diafisiarias existen 4 subdivisiones

a)Lineal

Generalmente es solo un trazo y es paralelo al eje transversal del hueso

- a. Conminuta: Cuando existen muchos fragmentos
- a. Segmentaria :Cuando existen fracturas que forman fragmentos y dividen al hueso en segmentos

A. Para las fracturas lineales existen tres subtipos:

a) Transversa: el trazo solo abarca el diámetro del hueso

a. Oblicua :cuando el trazo abarca más del 25% del diámetro del hueso y existen oblicuas largas o cortas

b. Espiral :en este caso el trazo oblicuo ,se extiende más longitudinalmente formando una espiral .

A. Para las fracturas conminuta existen 4 subtipos:

a. Fragmentos en mariposa de menos del 50% del diámetro de la diáfisis

b. Fragmento en mariposa del 50% o más del diámetro de la diáfisis

c. Conminución del 50% o más de la diáfisis

D) Las fracturas segmentarias se dividen:

a. A dos niveles

b. A tres o más niveles

c. Fisura o fragmentos intraarticulares

d. Conminuta con fragmento

A. Pérdida ósea:

- a. Mayor del 50% del diámetro de la diáfisis
- b. Menor del 50% del diámetro de la diáfisis
- c. Pérdida segmentarias

F) Para las fracturas articulares:

- a. Lineal
- b. Conminuta
- c. Impactada
- d. Pérdida ósea

6.- Relación de los fragmentos con el medio externo:

- a. expuestas
- b. cerradas

#### **CLASIFICACION DE LAS FRACTURAS POR NUMEROS EN PEQUEÑAS ESPECIES DE EDAD ADULTA.**

Prieur y Cols (1990) Describieron un sistema de clasificación de fracturas de huesos largos en pequeños animales adultos (7).

Los primeros dos números de este sistema de clasificación, indican la localización de la fractura. los otros dos números señalan el tipo de la misma.

El primer número del código indica el hueso fracturado:

- 1.- Húmero
- 2.- Radio y ulna.
- 3.- Fémur
- 4.- Tibia

El segundo número indica el segmento en el hueso fracturado :

- 1.- Porción proximal del hueso
- 2.- Diáfisis
- 3.- Porción distal del hueso.

El tercer número indica el área de fractura:

- 1.- Menos del 5% de la longitud del hueso
- 2.- Entre el 5 y el 25% de la longitud del hueso
- 3.- Más del 25% de la longitud ósea.

El cuarto número en el código corresponde con el número de fragmentos presentes.



- 2.- Dos fragmentos óseos.
- 3.- Tres fragmentos .
- 4.- Cuatro o más fragmentos óseos.

Ejemplificación de este método.



Figura 1.1 Esta fractura fue clasificada como 3.2 1.2. (3=fémur, 2=diáfisis, 1=menos de 5%de la longitud del hueso, y 2=a dos fragmentos (Prieur 1990)

### 7.12 Aspectos Básicos de la osteosíntesis

Toda fractura produce una lesión tisular compleja, tanto en hueso, como en tejidos blandos circundantes durante la fractura y las fases de reparación, se observan trastornos circulatorios locales y manifestaciones de inflamación , así como dolor e inmovilidad refleja. Estos tres factores (trastornos circulatorios, inflamación y dolor) dan como resultado la alteración funcional de articulaciones y músculos, conducen a lo que se ha dado a llamar enfermedad de la fractura (6,7,19,22 y 28)

7.13 La enfermedad fracturaria es causada por dos factores patogénicos principales: el dolor y

la falta de sollicitaciones fisiológicas del complejo osteomuscular ejercidas por el movimiento y los cambios de cargas mecánicas (es decir ausencia de carga). La enfermedad fracturaria es por lo tanto una situación clínica que se manifiesta por : edema crónico, atrofia de partes blandas y osteoporosis parcheada. Estos procesos fibróticos hacen que se formen adherencias antifisiológicas entre el hueso y la fascia con la consiguiente rigidez de las articulaciones vecinas.

Estas secuelas llevadas al extremo muy a menudo no pueden corregirse completamente con fisioterapia prolongada.(6,7,22)

### **La vida es movimiento, el movimiento es vida**

Este debe ser el principio que guíe el tratamiento de las fracturas. La movilización completa activa ,e indolora tiene como consecuencia la rápida revascularización de hueso los tejidos blandos, y con la movilización se favorece la nutrición de cartílago articular por el liquido sinovial, que al combinarlo con una carga parcial, se reduce en gran medida la osteoporosis postraumática al restablecer el equilibrio entre la reabsorción y la neoformación del hueso.(4,7,22)

Una osteosíntesis satisfactoria sólo se consigue cuando la inmovilización externa es innecesaria. siendo posible una movilización total, activa e indolora de los músculos y las articulaciones.(22)

#### **7.14 Cuatro son los principios básicos del tratamiento de las fracturas de la AO: (19)**

- 1.-Reducción anatómica de los fragmentos óseos sobre todo en fracturas articulares
- 2.-Osteosíntesis estable adaptada a las sollicitaciones biomecánicas locales .
- 3.-Conservación de la vascularización de los fragmentos óseos y los tejidos blandos mediante

técnicas quirúrgicas atraumáticas.

4. -Movilización precoz activa e indolora de los músculos y articulaciones adyacentes de la fractura para prevenir la enfermedad de la misma.

El primero de estos principios (reducción anatómica) sigue manteniendo hoy la misma importancia en el restablecimiento de la función de todo tipo de fracturas articulares y también un inestimable valor en lo que se refiere a la longitud, rotación así como en ejes meta y diafisarios. En las fracturas diafisarias, se han llevado algunas correcciones con relación a la reducción de los fragmentos corticales, que ahora dependen del tratamiento quirúrgico empleado. Es de suma importancia en la síntesis con tornillos con rosca parcial, con o sin protección mediante placas de neutralización (protección), conseguir una resistencia mecánica óptima. La circunferencia de la cortical debe quedar totalmente reconstruida y sometida a compresión interfragmentaria y axial. (22)

El segundo principio (osteosíntesis estable) se refiere a que, todos los métodos de osteosíntesis deben proporcionar una estabilidad suficiente para mantener la longitud, los ejes y la rotación. La fijación con tornillos a compresión, con o sin placas dependen de la estabilidad absoluta necesaria para una consolidación óptima. Esto ocurre mediante un puente angiogénico (haversiano) directo, de la fractura reducida con gran precisión. (22)

En estos casos la aparición de nubes de callos indica la pérdida de estabilidad que la naturaleza ha tratado de compensar, lo cual demuestra la necesidad de reducir la sollicitación de la zona de fractura mediante la reducción de la carga de dicha zona.(22)

El patrón de consolidación ósea difiere enormemente entre la unión angiogénica que se produce al colocar las placas en forma de puente y la que aparece cuando se utiliza el enclavado intramedular o la fijación externa. Con estos últimos dos métodos, es inevitable, e incluso deseable, que se produzca una cierta movilidad interfragmentaria con lo que la naturaleza tiene que aumentar la estabilidad mediante un callo que refuerce la soldadura de los fragmentos. En conclusión la consolidación sin callo no es un objetivo en sí misma

En cuanto al tercer principio, (técnica quirúrgica atraumática), no ha hecho más que reafirmarse. Este principio no sólo afecta a los tejidos blandos sino también a los fragmentos óseos y, en particular, a su vascularización

El cuarto principio, (movilización precoz indolora) ha demostrado sobradamente su eficacia con el paso de tiempo, constituyendo una prueba irrefutable la notable disminución del deterioro permanente que se suele presentar después de una fractura tras la movilización postoperatoria inmediata. (22)

### **Objetivos del tratamiento quirúrgico de las fracturas.**

Existen tres indicaciones de osteosíntesis que destacan sobre las demás:

- 1.- La inmovilización de los tejidos blandos especialmente alrededor de las articulaciones puede dar lugar a la enfermedad fracturaria.
  
- 2.- En el caso de que la fractura afecte a las superficies articulares de carga, la reconstrucción exacta de las mismas es de suma importancia. Cualquier incongruencia de las superficies

articulares da lugar a áreas en las que hay concentración de cargas, lo que producirá una artrosis postraumática.

La recuperación de la función tras algunas fracturas de huesos largos, depende en gran medida de una reconstrucción rápida, precisa y estable, así como de la movilización inmediata para prevenir una limitación permanente.

Debemos hacer hincapié que el objetivo del tratamiento de la fractura no es sólo una consolidación sólida, sino también una recuperación total de la función del miembro que incluya la plena integridad ósea y de las partes blandas. (6,22 y 28)

#### **Bases científicas de la osteosíntesis.**

La osteosíntesis requiere una comprensión suficiente de sus principios y técnicas, para poder hacer un uso adecuado del instrumental y de los implantes.(5,22 y 26)

#### **Estabilidad.**

La estabilidad de la fractura (ya sea espontánea o tras la fijación)determina la mayoría de las reacciones biológicas que tienen lugar dentro del 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 la consolidación dependen sobre todo, de las condiciones mecánicas relacionadas con la estabilidad. La reconstrucción estable del hueso fracturado (por ejemplo, mediante reducción anatómica y compresión) reduce al mínimo la fuerza que debe soportar el implante. La estabilidad de la síntesis es por tanto, un parámetro esencial en cuanto a la fatiga y corrosión del implante.(4,5,6,7,19,22,26 y 28)

El empleo del término estabilidad tiene connotaciones diferentes en las ciencias médica y técnica. En la osteosíntesis el término estabilidad se utiliza para definir el grado de inmovilidad de los fragmentos fracturarios. Por síntesis estable se entiende aquella en que se registra un desplazamiento mínimo en situaciones de carga. El término de estabilidad absoluta se refiere a una situación concreta en la que hay ausencia total de desplazamiento relativo entre unas superficies fracturarias comprimidas. Dentro de la misma superficie fracturaria, se pueden presentar zonas de estabilidad absoluta y relativa simultáneamente. (22 y 26)

### **Estabilidad, deformación bajo carga y consolidación de la fractura.**

La mejor expresión del grado de inestabilidad es la magnitud de deformación bajo carga de los tejidos de reparación. (22)

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 de los tejidos de reparación. No hace falta decir que si la deformación bajo carga es muy baja fracasará la inducción mecánica de la diferenciación tisular. (5,22 y 26)

El parámetro más importante para determinar el efecto de la inestabilidad sobre los elementos celulares es la deformación bajo carga resultante. La deformación bajo carga determina el grado de deformación de los elementos tisulares, teniendo en cuenta el grado de desplazamiento y la anchura del foco.

Es más correcto analizar la consolidación de la fractura en cuanto a la deformación bajo carga de los tejidos de reparación que evaluarla teniendo solo en cuenta sólo el desplazamiento

(inestabilidad), ya que la deformación bajo carga expresa la deformación de los componentes tisulares (célula). (22 y 26)

El análisis de situaciones mecánicas basadas en el concepto de deformación bajo carga nos permite comprender por qué fracturas con una separación entre los fragmentos única y estrecha no toleran ni siquiera desplazamientos mínimos (tales desplazamientos no pueden ser vistos a simple vista pero deben ser sospechados). Las fracturas multifragmentarias o conminutas, toleran mejor la inestabilidad porque el desplazamiento general es compartido por muchos focos de fractura. Por lo tanto, siempre que se trate de un foco de fractura único se reducirá en gran medida el desplazamiento relativo. Si la reducción no es exacta, la situación es mucho más tolerable en lo referente al desplazamiento, dado que la deformación bajo carga se reduce debido a la mayor anchura del foco de fractura. (22 y 26)

Las fracturas pueden ser intrínsecamente estables o pueden estabilizarse espontáneamente durante el proceso biológico de formación tisular, mediante la diferenciación subsiguiente hacia tejidos con mayor resistencia, desde tejidos de granulación hasta el hueso. Si la distensión resultante en los tejidos de reparación (dentro y alrededor de la fractura) sobrepasa el límite crítico, se impide una mayor diferenciación y por lo tanto la consolidación. (22, 26 y 28)

#### **7.15 Fuerza, tensión, deformación bajo carga, y resistencia.**

La fuerza que actúa sobre un material da lugar a un estado de tensión interna. La relación entre la fuerza actuante y la deformación resultante, es llamada resistencia: a menor resistencia, mayor deformación. El término rigidez es usado a menudo como sinónimo de la resistencia en la literatura médica.

Los tres elementos –fuerza, tensión y deformación bajo carga pueden dividirse en componentes estáticos (constantes) y dinámicos (que cambian con el tiempo). (22 y 26)

#### **7.16 Aspectos generales de la carga.**

La carga puede consistir hasta en tres componentes de fuerzas y tres componentes de momento; la carga puede actuar sobre un material o sobre un dispositivo.

Tipos de carga mecánica:

La carga puede cambiar o no, de forma apreciable, en función del tiempo. Una carga que no cambia con el tiempo se llama estática, mientras que una carga que cambia de forma periódica es llamada dinámica. La compresión ejercida por un implante en tensión es estática. Las fuerzas generadas por la función del miembro (la marcha) son fuerzas dinámicas o funcionales. (22 y 26)

Ninguno de los componentes considerados están distribuidos de manera uniforme en el área de fractura:

- 1.- La fuerza estática generada por el implante.
- 2.- La fuerza dinámica resultante de la función de la extremidad (que tiende a desestabilizar la fractura)
- 3.- La dimensión de la superficie de contacto sobre la que actúan las fuerzas.

Pueden existir diferentes tipos de consolidación en una misma fractura (consolidación ósea directa, indirecta y retardada) dependiendo de la distribución de las fuerzas en la fractura.(22,26 y 26)