

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**PRINCIPIOS ORTOPÉDICOS PARA LA FIJACIÓN CON
CLAVO INTRAMEDULAR EN EL FÉMUR CANINO EN
FRACTURAS SIMPLES APLICANDO LA TÉCNICA
NORMOGRADA.**

M O N O G R A F I A

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

**PRESENTA:
MARIO DIAZ PANTOJA**

**ASESOR:
M.V.Z. JOSE LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS**

**COLABORADOR:
M.V.Z. CARLOS RAÚL RASCON DIAZ.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

MONOGRAFÍA

**PRINCIPIOS ORTOPÉDICOS PARA LA FIJACIÓN CON
CLAVO INTRAMEDULAR EN EL FEMUR CANINO EN
FRACTURAS SIMPLES APLICANDO LA TECNICA
NORMOGRADA**


APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO


M.V.Z. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
UAAAN - UL

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**PRINCIPIOS ORTOPÉDICOS PARA LA FIJACIÓN CON
CLAVO INTRAMEDULAR EN EL FEMUR CANINO EN
FRACTURAS SIMPLES APLICANDO LA TECNICA
NORMOGRADA**

POR:

MARIO DÍAZ PANTOJA

MONOGRAFÍA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

PRINCIPIOS ORTOPÉDICOS PARA LA FIJACIÓN CON
CLAVO INTRAMEDULAR EN EL FEMUR CANINO EN
FRACTURAS SIMPLES APLICANDO LA TECNICA
NORMOGRADA



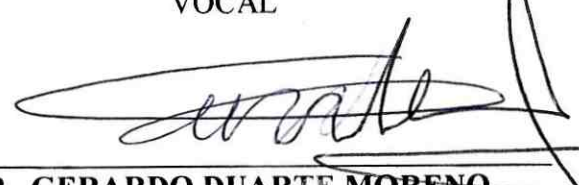
M.V.Z. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS
PRESIDENTE



M.V.Z. CARLOS RAÚL RASCÓN DÍAZ
VOCAL



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ
VOCAL



DR. GERARDO DUARTE MORENO
VOCAL SUPLENTE

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios por darme los padres con los que cuento, ya que por el amor y apoyo incondicional que me han brindado durante su vida, han hecho de mí un hombre honrado y útil, también quiero agradecer a mis hermanos ya que además de darme los mejores momentos en mi vida, han sido la base de mi carácter académico, también quiero agradecer a mi Tío Domingo Díaz ya que siempre he contado con su apoyo y confianza incomparable de su parte.

Gracias a mi novia Elena Gamboa, a mis compañeros con los que conviví: Raúl, Carlos, Jorge Enrique y al M.V. Z. Carlos Raúl Rascón Díaz por su invaluable apoyo.

ÍNDICE GENERAL

1.	Introducción	1
2.	Historia de la ortopedia.....	3
3.	Características generales.....	6
3.1.	Clasificación macroscópica de los huesos.....	6
3.2.	Clasificación microscópica del hueso.....	7
3.3.	Fémur.....	7
3.3.1.	Principales características morfológicas del fémur.....	9
4.	Osteogénesis.....	11
4.1.	Osificación intramembranosa.....	13
4.2.	Osificación endocondral.....	14
5.	Principales características histológicas y citológicas del hueso.....	15
5.1.	Componentes histológicos del hueso.....	15
5.2.	Organización del hueso.....	17
6.	Biomecánica del hueso.....	20
6.1.	Propiedades dinámicas del hueso.....	20
6.2.	Propiedades mecánicas del hueso.....	21
7.	Tipo de fuerzas que actúan en el hueso.....	21
8.	Principales hormonas que influyen sobre la estructura del hueso	25
9.	Cicatrización ósea	27
9.1.	Tipos de cicatrización	28
9.2.	Fases de la reparación secundaria.....	33
10.	Factores que intervienen en la reparación de las fracturas.....	41
11.	Fractura ósea.....	43
11.1.	Clasificación de las fracturas.	44
11.2.	Mecánica de las fracturas.....	49
12.	Principios básicos para el tratamiento de las fracturas.....	50
12.1.	Elección del tratamiento.....	53
12.2.	Inmovilización (fijación).	54
12.3.	Métodos de fijación.....	54
12.3.1.	Fijación externa o reducción indirecta.....	54
12.3.2.	Métodos de fijación interna.....	60
12.3.3.	Compresión.....	68
13.	Fracturas de fémur.....	70
13.1.	Tipo de fracturas de fémur.....	72
13.1.	Instrumental básico para reducción de fracturas de fémur.....	75
14.	Fijación endomedular.....	78
14.1.	Clavos intramedulares.....	79
14.2.	Ventajas y desventajas de la fijación intramedular.	81
15.	Aplicación intramedular normograda.....	83
15.1.	Técnica quirúrgica.....	85
15.2.	Posoperatorio.....	88
15.3.	Retiro del implante.....	90
15.4.	Relevancia clínica entre las técnica normograda y retrógrada.....	91
16.	Problemas básicos en la fijación.....	93
17.	Bibliografía.....	95

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.- El árbol entablillado símbolo de la Ortopedia.....	3
Fig. 2.- Flexión (A) y extensión (B) de la articulación de la cadera.....	8
Fig. 3.- Flexión (A) y extensión (B) de la rodilla.....	8
Fig. 4.- Fémur izquierdo, vista posterior.....	10
Fig. 5.- Fémur izquierdo, vista anterior.....	11
Fig. 6.- Esquema de la estructura de la cortical de un hueso.....	18
Fig. 7.- Corte que muestra al hueso compacto y hueso esponjoso.....	19
Fig. 8.- Ilustración que muestra las cargas de tensión.....	22
Fig. 9.- Ilustración que muestra cargas compresivas.....	23
Fig. 10.- Ilustración que muestra cargas inflexivas.....	23
Fig. 11.- Ilustración que muestra cargas transversas.....	24
Fig. 12.- Ilustración que muestra cargas torsionales.....	24
Fig. 13.- Microfotografía de osificación por primera intención, Unión osteonal directa. Una osteona atraviesa la línea de fractura.....	31
Fig. 14.- Radiografía de la formación del callo periostial.....	37
Fig. 15.- Radiografía de la formación del callo medular.....	39
Fig. 16.- Esquema de la formación del callo periostial.....	39
Fig. 17.- Esquema de la sustitución de hueso esponjoso por el hueso lamelar.....	40
Fig. 18.- Tipo de patrones fracturarios.....	44
Fig. 19.- Nomenclatura descriptiva de fracturas diafisarias.....	49
Fig. 20.- La longitud óptima de la escayola o férula para las fracturas indicadas en las áreas oscuras se muestra por la longitud señalada en las áreas claras correspondientes.....	56
Fig. 21.- Aplicación correcta de la férula de Thomas.....	59
Fig. 22.- Metodología de aplicación para el vendaje de Robert Jones.....	59
Fig. 23.- Principales tipos de clavos interlocking, el de orificios continuos (A) y el de cuatro orificios (B).....	63
Fig. 24.- Técnica intramedular empleando clavos de Rush.....	66
Fig. 25.- Tamaños de tornillos, broca de taladro y macho de roscar.....	70
Fig. 26.- Fracturas diafisarias de fémur.....	72
Fig. 27.- Fracturas proximales del fémur.....	73
Fig. 28.- Fracturas distales de fémur.....	73
Fig. 29.- Efecto de la forma del fémur sobre la inserción del clavo.....	79
Fig. 30.- Comparación del clavo intramedular con el diámetro de la cavidad.....	81
Fig. 31.- Técnica de enclavamiento intramedular en dirección normograda, empleando un clavo de Steinman, con el fémur proximal en angulación y rotación de la posición normal en estación.....	84
Fig. 32.- Abordaje al trocánter mayor y región subtrocantérica del fémur.....	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Sistema de clasificación de fracturas O/VET.....	45
Tabla 2.- Sistema AOMET Morfológico y alfanumérico de clasificación de fracturas.....	46
Tabla 3.- Distribución de fracturas en huesos largos basada en 200 casos.....	71
Tabla 4.- Distribución de las fracturas femorales basadas en 1200 casos en donde el fémur obtuvo el 23.0% de total de las fracturas.....	74
Tabla 5.- Seguimiento radiográfico de las fracturas.....	90

I. INTRODUCCION.

En los últimos tiempos ha ganado espacio la filosofía de "abrir sin tocar", en la cual se realizan abordajes quirúrgicos mínimos para preservar la irrigación sanguínea y limitar la contaminación. Se colocan los aparatos de fijación para alcanzar la estabilidad fracturaria y así mismo el alineamiento global del miembro, este método se ha denominado fijación biológica, y es de utilidad en el tratamiento de fracturas ofreciendo al medico veterinario una alternativa para la fijación.

La técnica de fijación intramedular puede ser usada para la mayoría de las fracturas en pequeños animales (en los perros), los resultados funcionales y de consolidación ósea demuestran que es un excelente método de fijación en las fracturas de fémur y húmero. La incidencia de fracturas de fémur representa del 20 al 25% de todas las fracturas en la mayoría de las consultas veterinarias; este porcentaje es superior al correspondiente a cualquier hueso largo. Además, las fracturas de fémur representan el 45% de todas las fracturas de huesos largos, más del doble que en el caso de otros huesos.

Actualmente hay muchos estudio biomecánicos para comparar diferentes técnicas para la reparación del tercio proximal y tercio medio del fémur, sin embargo la comparación para las diferentes técnicas de fijación para el fémur distal son muy pocas. No hay ni implantes ni técnicas perfectas en medicina veterinaria y ciertos riesgos son comunes en todas ellas.

La introducción de la cirugía aséptica y de la radiografía permitió el desarrollo de tales técnicas, aun que no fueron aceptadas inmediatamente. Cualquier técnica de fijación utilizada para inmovilizar la fractura debe ser capaz de neutralizar las fuerzas de rotación y de torsión, para prevenir el movimiento en el lugar de la fractura.

El aporte de esta fijación interna permite una rápida movilización, indolora de la extremidad, la cual ha tenido especial importancia para el cirujano veterinario ortopedista. No sólo sirviendo para la cicatrización del hueso, sino también para mantener mejor la integridad del tejido blando de la extremidad.

El método para fijar el clavo distalmente varía con el tipo de hueso del paciente. El fémur canino se mostró poco idóneo para inserción del clavo debido a que su cavidad medular varía en amplitud a lo largo de la longitud, lo que hace difícil alcanzar el contacto adecuado entre hueso y el clavo. En consecuencia, puede producir la rotación de los fragmentos o incluso la no-uniión, al menos que la reparación se complementara con ayuda de otra técnica como pueden ser los cerclajes (método de compresión) o las férulas (métodos de fijación externa).

La ubicación del clavo en el canal medular impide la regeneración; de la vascularidad, impidiendo la llegada de macrófagos y antibióticos a la zona, lo que favorece permanencia del proceso infeccioso.

Aun que en el pasado se considero que las fracturas expuestas eran una contraindicación absoluta para el clavo intramedular por la incidencia de sepsis y mayor dificultad en erradicar la osteomielitis, algunos estudios recientes mostraron que la técnica es tan efectiva y segura como otros métodos.

Después de la reducción abierta y la fijación interna tiene lugar una especie de "carrera" entre la velocidad de curación; y la velocidad de pérdida de fijación.

La unión se logra por lo general, antes de la pérdida de fijación o fracaso del implante, el tiempo que transcurre hasta que el hueso fracturado adquiere una forma totalmente fisiológica depende mucho de la edad del paciente. En animales adultos es un proceso muy lento, que puede abarcar incluso toda la vida del animal.

II. HISTORIA DE LA ORTOPEDIA.

Celso, recordado por haber escrito los signos cardinales de la inflamación, escribió un libro en el año 30 A. de C. detallando el tratamiento de las fracturas con férulas sujetas a las extremidades mediante vendajes endurecidos con almidón. Los papiros egipcios de 1500 A. de C. encontrados en Tebas, en 1862, ilustran el tratamiento realizado a heridos. El papiro de Ebers trata de cirugía, anatomía y farmacia y el papiro de Edwin Smith describe el tratamiento de las fracturas con férulas.¹⁰

En el siglo XVII, entre varios cirujanos distinguidos, John Hunter (1728-1793) tuvo un gran impacto. Su trabajo a cerca de la curación de las fracturas y del crecimiento óseo, basado en gran parte en estudios con animales, lo consagro como pionero de la ortopedia.¹⁰

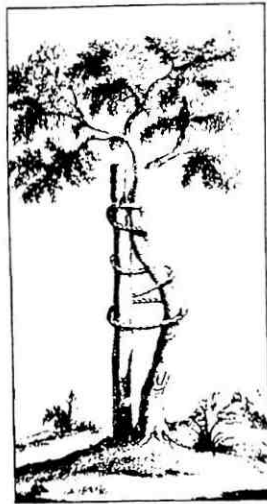


Fig. 1.- El árbol entablillado símbolo de la Ortopedia.⁴⁴

A finales del siglo XIX, se hicieron tres descubrimientos que influyeron profundamente en la cirugía y el tratamiento de las fracturas. Morton (1846) descubrió la anestesia con éter y Liston (1846) realizó la primera operación utilizando éter: una amputación a la altura del muslo. En 1865 Lister descubrió el sistema antiséptico, empleado ácido carbólico en un caso de fractura abierta de la

pierna, y dos años más tarde registró once casos similares, nueve de ellos con completa recuperación.¹⁰

Hugh Owen Thomas (1834-1891) ganó renombre por ser el pionero del tratamiento ortopédico conservador y por su énfasis en la utilización de una ininterrumpida y prolongada tracción forzada para lograr reducciones. Su férula de tracción-fijación para la extremidad inferior en el hombre fue introducida en la armada real inglesa en la primera guerra mundial, por su alumno, Robert Jones (1857-1933). El uso en el campo de batalla de la férula de Thomas tiene el crédito de haber disminuido la mortalidad asociada a fracturas femorales del 50-80 % al 15-20 % siendo igualmente valorada en la segunda guerra mundial.³⁸

El descubrimiento de los rayos X por Röntgen (1895) permitió caracterizar las fracturas y evaluar la eficiencia de la reducción manual y de la fijación externa. En 1940, Gerhard Kuntscher introdujo el clavado intramedular del fémur y revolucionó el tratamiento de las fracturas de la diáfisis femoral.^{46 10}

La inmovilización externa rígida de las extremidades se ha realizado con materiales muy diferentes. En personas, se han hecho férulas de madera y de metal, y escalonados con vendajes impregnados con sustancias endurecedores como resina, almidón, silicato de sodio y yeso.¹⁰

A lo largo de la historia el caballo se ha utilizado para el trabajo, el transporte, el deporte y la guerra y, en consecuencia, la salud y su bienestar han recibido más atención que los de otros animales domésticos. La necesidad del cuidado del casco era evidente desde los tiempos que los caballos en los ejércitos de Alejandro (356-323 D. de C.) se abandonaron por deterioro en el casco. La posición del tratamiento de fracturas a partir de la opinión de Bartlet's Farriery (1756) de que no existía "propósito en guardar caballos que tengan alguna fractura, con excepción de fracturas en el casco".¹⁰

La creación de las primeras escuelas de veterinaria en Europa al final de siglo XVIII marca el origen de la ciencia veterinaria. Los veterinarios fueron los que pronto transformaron el estudio de las claudicaciones del caballo y describieron la patología y el tratamiento de los procesos mas frecuentes de la extremidad, incluyendo las fracturas.¹⁰

Por falta de evidencias, no es posible determinar que se conocía a cerca de de las fracturas de los animales antes del siglo XVIII.¹⁰

Blaine (1824) trato fracturas femorales en perros con emplastes de brea extendidos sobre cuero y férulas de madera. Se utilizaba madera flexible para mantener el antebrazo. En las fracturas abiertas se cerraban los extremos de los huesos y se extraían los trozos perdidos, se cerraba la herida y se aplicaba un entablillado.¹⁰

Las operaciones de las extremidades en caballos y perros se realizaban incluso antes de que se conocieran la anestesia y los antisépticos.¹⁰

La cirugía ortopédica en perros y gatos ha tenido un fuerte desarrollo en las ultimas tres décadas y paralelamente la educación del dueño de la mascota en el cuidado de la misma, así permite al medico tratante realizar los estudios de diagnostico imagenologico de cualquier índole. Afortunadamente este gran avance en desarrollo, tecnología, educación y entrenamiento no es tan solo en el primer mundo si no, también en México siendo reconocido a nivel mundial.³⁹

La creación de placa de compresión dinámica a mediados de los sesentas marca un gran paso y no es hasta 1973 que surge el primer estudio sobre implantes y prótesis para perros y gatos realizado por un Mejjicano, siendo una investigación vanguardista por tratar sobre la respuesta a los implantes que ofrecen compresión dinámica a diferentes magnitudes.³⁹

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

3.1. Clasificación Macroscópica de Los Huesos.

Macroscópicamente, los huesos del esqueleto se dividen según su forma y función. Pueden ser largos, cortos, planos, irregulares o sesamoideos. En las aves existe una clasificación separada, que son los huesos neumáticos. Esta clasificación no es totalmente satisfactoria, ya que algunos huesos, por ejemplo, las costillas, no están claramente clasificadas y otros pueden hacerlo en distintos lugares.^{19 4}

- **Huesos Largos.** Son típicamente elongados, de forma cilíndrica y con sus extremidades ensanchadas. Se encuentran en los miembros (torácico y pélvico) donde actúan como columnas de soporte y de palanca. La parte cilíndrica, llamada cuerpo, es tubular y comprende la cavidad medular que contiene la médula ósea.¹⁹
- **Huesos Planos.** En estos huesos predominan dos caras en las cuales una es para la inserción de músculos y protegen los órganos que cubren. En esta clasificación se incluye la escápula y muchos huesos de la calavera. Los huesos planos están formados por dos capas de hueso compacto, de un tejido óseo esponjoso y de médula. La capa esponjosa de los huesos cefálicos se denomina diploë.¹⁹
- **Huesos Cortos.** Los huesos cortos tales como los del carpo y tarso (sesamoideos), presentan unas dimensiones similares en longitud anchura y grosor. Su principal función consiste en amortiguar los choques. Los huesos sesamoideos, que se desarrollan en las cápsulas de algunas articulaciones o en los tendones, pueden ser incluidos en este grupo.¹⁹
- **Huesos Irregulares.** En este grupo se incluyen los huesos de forma irregular, como las vértebras y los huesos de la base del cráneo. Son

huesos impares y situados en la línea media. Sus funciones son muy variadas y no están claramente especializados.¹⁹

3.2. Clasificación Microscópica Del Hueso.

Para el histólogo, sólo hay dos tipos de hueso como tejido: trabecular inmaduro (fibroso), o lamelar (maduro). Ambos pueden disponerse de varias formas, de modo que asumen configuraciones distintas que pueden ser porosa (esponjosa o trabecular) o compacta (intersticial, osteonal o circunferencial).⁴

- Hueso Trabecular Inmaduro (Inmaduro o de fibras gruesas). El hueso entretejido (no laminado) es el que se forma durante el desarrollo embrional. En la vida posfetal aparece en los procesos de neoformación ósea durante la reparación de fracturas o en los sarcomas osteógenos. Por tanto, puede considerarse como un tejido provisional que será remplazado por el tejido óseo laminar mas organizado en el esqueleto adulto. El hueso entretejido se caracteriza por una mayor metacromasia que el laminar y reacciona en forma más pronunciada en colorantes para mucopolisacáridos. En situaciones normales, este hueso se remplaza por lamelar. Es, por tanto un tejido temporal que auxilia en el sostén del organismo en desarrollo.^{4 39 49}
- Hueso Lamelar (maduro). Constituye casi todo el esqueleto del adulto. El tejido óseo maduro debe considerarse, por una parte, como la estructura interna que sostiene al organismo animal y, por otra, como un reservorio mineral muy eficaz para mantener homeostasia de calcio.^{4 39}

3.3. Fémur.

El fémur es un hueso largo típico con un cuerpo cilíndrico y dos extremidades anchas de las cuales, la proximal presenta en su lado interno una cabeza lisa, casi hemisférica en su mayor parte articular, salvo a nivel de una pequeña fosa superficial que comienza cerca de la mitad de la cabeza y que se

extiende a su borde caudal e interno. Se trata de la fosilla de la cabeza que presta inserción al ligamento redondo de la articulación coxofemoral, (Fig. 4,5).¹⁶

El fémur, o hueso del muslo, es el más grande del cuerpo (excepto en algunas aves). El ángulo de la articulación de la cadera es de unos 162° en extensión y 50° en flexión y el de la articulación rotuliana (patela) de 162° en extensión y 41° en flexión (Fig. 2,3).^{16 23}

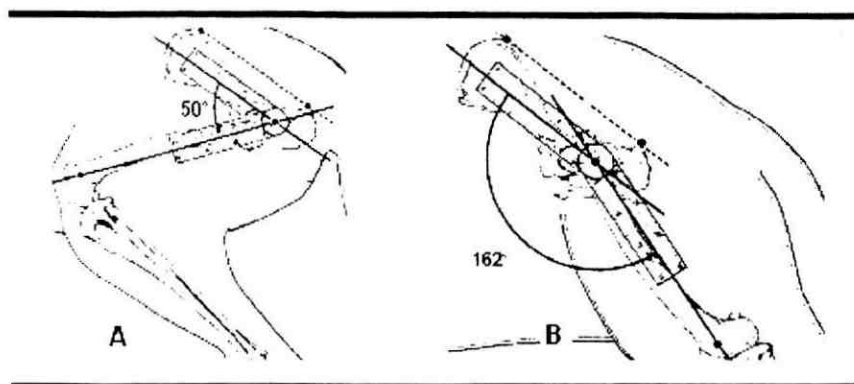


Fig. 2.- Flexión (A) y extensión (B) de la articulación de la cadera.²³

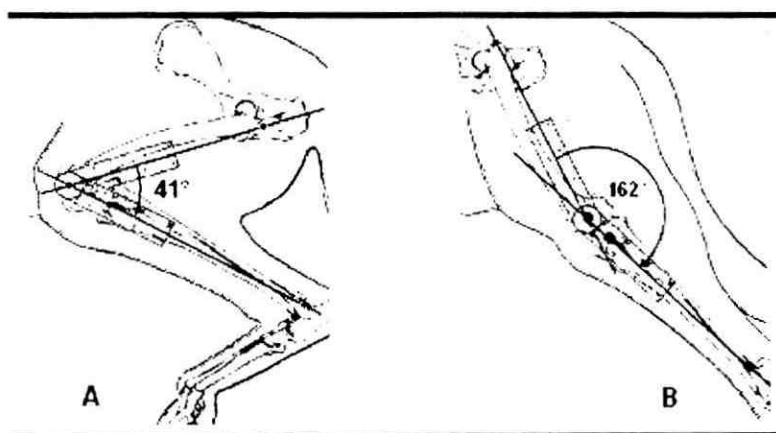


Fig. 3.- Flexión (A) y extensión (B) de la rodilla.²³

Este hueso está rodeado de la masa muscular más voluminosa del miembro pélvico y soporta fuerzas más considerables que cualquier otro hueso.^{16 46}

La diáfisis (cuerpo) de un hueso largo, consta de una pared de hueso compacto que encierra una voluminosa cavidad cilíndrica de medula ósea. La epífisis (extremo del hueso) Consta de hueso esponjoso con una delgada pared externa de hueso compacto, cuyo extremo articular está recubierto por cartílago articular. En el animal en crecimiento, la placa del cartílago epifisario a partir de la cual tiene lugar el crecimiento longitudinal, está situada entre la epífisis y la diáfisis.⁵⁰

La metáfisis (hueso esponjoso) directamente situado por debajo de la placa epifisaria. La diáfisis de un hueso largo (p.ej., el fémur) consta de una pared de hueso compacto que encierra una voluminosa cavidad cilíndrica de medula ósea.

Está compuesta del hueso más recientemente formado que se origina del proceso de crecimiento a nivel de la placa.⁵⁰

3.3.1. Principales Características Morfológicas Del Fémur.

La cabeza se halla unida a la parte interna de la extremidad proximal por el cuello del fémur, netamente definido, pero corto, que proporciona inserción a la cápsula articular. El trocánter mayor, la eminencia más voluminosa de la extremidad proximal, está localizado directamente por fuera de la cabeza y presta inserción a los músculos glúteos mediano y profundo. La fosa trocantérica es una cavidad profunda situada por dentro del trocánter mayor en la cual se insertan los músculos gémios y los obturadores externo e interno. El trocánter menor, proyección piramidal en la extremidad proximal del lado interno del cuerpo del fémur, da inserción al músculo psoas iliaco. Del vértice del trocánter mayor al trocánter menor se extiende un reborde óseo, la cresta intertrocantérea; límite caudal y externo de la fosa trocantérica; se inserta en esta cresta a nivel del trocánter menor al músculo cuadrado crural. El tercer trocánter, poco desarrollado se encuentra en la base del trocánter mayor como una pequeña área rugosa que presta inserción al músculo glúteo superficial. El trocánter tercero y menor están localizados en el mismo plano transversal. Los músculos vastos del cuadriceps crural se insertan en la porción proximal y lisa del fémur (Fig. 4,5).^{16 19}

El cuerpo del fémur ligeramente convexo hacia delante presenta una cara craneal o anterior lisa y redondeada y otra caudal o posterior rugosa limitada por dos bordes (interno y externo) muy próximos en la parte media del cuerpo pero que se separan al acercarse a cada extremo (Fig. 4,5).^{16 19}

En el extremo distal del fémur destacan varias superficies articulares. La tróclea es una superficie articular lisa en forma de polea en la porción craneodistal del hueso para articularse con la patela. El borde troclear interno es más grueso que el externo. La patela, es un sesamoideo localizado en el tendón de inserción del cuádriceps crural que contribuye a la protección de dicho tendón y de la articulación, si bien su función principal consiste en la redirección del tendón de inserción del cuádriceps. La tróclea femoral se continúa con los cóndilos los cuales se articulan, directamente y a través de los meniscos con la tibia. Los cóndilos femorales, externo e interno se hallan separados uno de otro por la fosa o escotadura intercondílea; cavidad ancha y profunda (Fig. 4,5).^{16, 19}

Los epicóndilos externo e interno son zonas rugosas a cada lado situadas encima de los cóndilos que prestan inserción a los ligamentos colaterales de la articulación de la rodilla (Fig. 4,5).^{16 19}

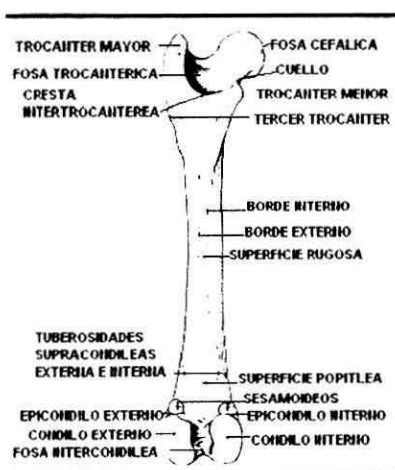


Fig. 4.- Fémur izquierdo, vista posterior.¹⁶

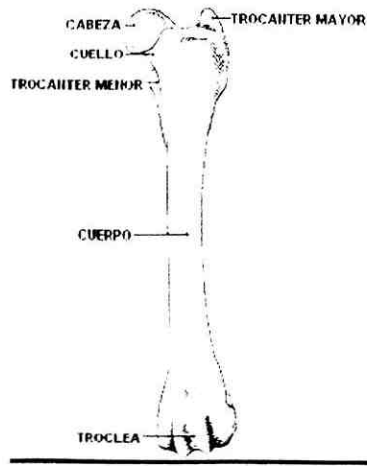


Fig. 5.- Fémur izquierdo, vista anterior. ¹⁶

IV. OSTEOGÉNESIS.

Los huesos se forman durante la época embrionaria por medio de dos procesos:

1. Osteogénesis intramembranosa.
2. Osteogénesis endocondral. ^{4 17 49}

Los procesos osteogénicos principian en la vida embrionaria y continúan en toda la vida del animal, son mediados por la actividad secretora de los osteoblastos, que depositan una matriz que se mineraliza después. En la época fetal, las estructuras cartilaginosas embrionarias precursoras de los huesos son paulatinamente horadadas por la acción de osteoclastos, y el espacio resultante es ocupado por células mesenquimatosas que muy pronto se diferencian en osteoblastos y producen fibras de colágena en las que se depositan los minerales componentes de la hidroxiapatita y que son la causa de la dureza de los huesos. Los cristales de hidroxiapatita son el mineral predominante en el hueso. Esta es una compleja estructura entretrejida de calcio, fósforo e iones hidroxilo. La formación de matriz orgánica representa la primera etapa en la formación del hueso. La segunda etapa es la mineralización de la matriz orgánica para dar

origen a los cristales de hidroxapatita. La tercera fase en la formación de hueso es el depósito de minerales adventicios y depende de la composición iónica de los líquidos que bañan al hueso.^{4 17 49 50}

Para que se calcifiquen correctamente las fibras de colágena tanto del tejido cartilaginoso como del óseo, se requiere que estas posean las características químicas estructurales apropiadas. Para tal efecto se han identificado histoquímicamente varios tipos de colágena en los órganos vivientes y cada uno tiene propiedades funcionales diferentes. El tipo de colágena producida por los fibroblastos es diferente a la de los osteoblastos y condroblastos. Las características de cada uno de estos tipos de colágena no dependen de manera exclusiva del tipo de células que la producen si no también factores genéticos de cada individuo. En la destrucción del hueso ocurre la situación inversa: primero se separa el calcio superficial, a continuación se desmineraliza el hueso por medio de la disolución de los cristales de hidroxapatita y, por fin, se destruye la matriz, dependiendo esto de la actividad proteolítica de los osteoclastos los cuales no actúan sobre la matriz calcificada.^{25 49}

La célula osteoformadora puede diferenciarse en:

1. Osteoblasto, formadora de hueso
2. Condroblasto, formadora de cartílago.³⁰

La mayor parte de los huesos largos se desarrollan a partir de por lo menos tres centros de osificación. El centro de osificación primaria determina la formación de la diáfisis, en tanto que los centros de osificación proximal y distal determinan la formación de las epífisis distal y proximal. Estos últimos se denominan centros de osificación secundaria.^{4 17}

Es clásico considerar que las células mesenquimatosas se diferencian en células óseas específicas -osteoprogenitoras, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos. Más aún, estos tipos se describen como células posmitóticas fijas, producto de la

diferenciación mesenquimatosa. Las pruebas actuales demuestran que cualquiera de estas células puede transformarse en alguno de los otros tipos celulares que caracterizan al hueso. Este cambio de estructura y de función temporal se denomina modulación.^{4 17}

La osteogénesis intramembranosa se lleva a cabo a partir de las células de la membrana mesenquimatosa (periostio) que en algunas áreas del embrión se condensan y transforman directamente en osteoblastos. Por ejemplo, la formación de los huesos de la cavidad craneal se realiza a través de este proceso. La osificación endocondral es el proceso promedio del cual crecen y son osificados los huesos largos.^{4 17 49}

4.1. Osificación Intramembranosa.

En la osificación intramembranosa, la diferenciación de los osteoblastos se lleva a cabo en un ambiente en que algunas células mesenquimatosas se han diferenciado antes en fibroblastos. Las fibras y células (mesenquimatosas y fibroblásticas) confieren al microambiente una calidad fibrocelular o membranosa.^{4 17}

Fundamentalmente, la sucesión de acontecimientos es la siguiente:

1. Las células mesenquimatosas se diferencian en condrocitos.
2. Los condrocitos proliferan y secretan sustancia intercelular.
3. Los condrocitos maduran y secretan fosfatasa alcalina y se califica la matriz cartilaginosa.
4. La matriz calcificada impide la difusión de los principios nutritivos, los condrocitos se disgregan y la matriz calcificada sufre desintegración y disolución.
5. Penetración de tejido altamente vascular y celular y aparición de osteoblastos que rodean los restos de cartilago calcificado y depositan hueso nuevo.

En un hueso largo, esta sucesión de acontecimientos forma el centro de osificación diáfisaria, que se extiende para reemplazar la totalidad de la diáfisis del

modelo o hueso. Ciertos hueso planos de cráneo (el frontal, los parietales, occipitales, temporales y parte de la mandíbula) se desarrollan por osificación intramembranosa y se denominan hueso de la membrana. El mesénquima se condensa en una capa ricamente vascularizada de tejido conjuntivo, en las cual las células se unen unas a otras por largas y delgadas prolongaciones en los espacios intercelulares se van depositando delicados haces de colágena orientados al azar, que quedan incluidos en una matriz extracelular semejante a un gel poco denso. ^{4 17 50}

4.2. Osificación Endocondral.

En la vida embrionaria la mayor parte del esqueleto está compuesta de cartílago, que se resorbe y reemplaza por hueso. Este proceso se denomina osificación endocondral (intracartilaginosa). Estos términos describen el desarrollo del hueso que se lleva a cabo al principio dentro de la masa de cartílago. El hecho característico del proceso de osificación endocondral es la preformación del futuro hueso en un modelo de cartílago hialino. ^{4 50}

En la osificación endocondral, la diferenciación de los osteoblastos se realiza en un ambiente donde se ha depositado cartílago. Los focos de células mesenquimatosas perivasculares localizados dentro de áreas de tejido cartilaginoso, originan células osteoprogenitoras. Sin embargo el cartílago se usa como sostén temporal el cual se transforma en hueso. Este proceso se inicia en la s áreas ocupadas por mesénquima que es el tejido de relleno del embrión. ^{4 17}

Una condición indispensable para que se lleve acabo la osificación endocondral es que el condrocito sufra hipertrofia la matriz cartilaginosa que lo rodea se calcifique y los osteocitos estén dispuestos en cordones o columnas perpendiculares a la placa de crecimiento, en que penetran los vasos de neoformación, y que los condroclastos erosionen al cartílago formando espacios que serán ocupados posteriormente por osteoblastos. ⁴⁹

V. PRINCIPALES CARACTERISTICAS HISTOLOGICAS Y CITOLOGICAS DEL HUESO.

En el hueso se encuentran tres tipos principales de células: los osteocitos encargados de mantener la estructura del hueso, los osteoblastos presentes en las zonas de crecimiento óseo y de las cuales depende la formación de hueso y, por ultimo, los osteoclastos, células gigantes situadas en los lugares donde el hueso es degradado y absorbido. ^{4 17 49 50}

Los osteoblastos sintetizan y secretan la sustancia intercelular orgánica del hueso con la que se rodean. Se disponen entre las lagunas en la sustancia intercelular y se convierten en osteocitos. La sustancia intercelular; La sustancia intercelular consta principalmente de matriz, sales inorgánicas y agua. Las sales inorgánicas se depositan en la matriz orgánica del hueso, formada por proteínas, incluyendo enzimas, glucoproteínas y proteoglicanos, y carbohidratos como glucógeno, así como pequeñas cantidades de lípidos y otras sustancias. ^{49, 50}

5.1. Componentes Histológicos del Hueso.

a) Matriz Ósea.

La matriz es el almacén orgánico, que consta principalmente de un tipo único de colágeno (aproximadamente 90%), y que se diferencia de los otros tipos por su composición de ácidos amínicos y por su insolubilidad relativa en soluciones salinas y en los ácidos débiles; y de una pequeña cantidad de proteínpolisacárido y alguna cantidad de glucoproteína, que disminuye a medida que tiene lugar la mineralización. ⁵⁰

b) Osteocitos.

Son osteoblastos enclavados en sus propios productos de secreción. Algunas veces se observan poco después de que han quedado incluidos en la sutura osteoide se conocen como osteocitos osteoideos. Una vez mineralizada la sustancia intersticial, sólo se denomina osteocitos. El osteocito es menos activo

que el osteoblasto. Los osteocitos pueden actuar como osteoblastos y osteoclastos. Estas células se encargan de conservar la matriz. Sintetizan y secretan materiales de esta a pesar de que su nivel de actividad es menor que el de los osteoblastos. ⁴

En el caso particular de los osteocitos cada célula posee gran número de procesos citoplasmáticos, los cuales, una vez rodeados por la matriz ósea y calcificada ésta, forman canalículos que formarán parte de la circulación intraósea. ⁵⁴

c) Osteoblastos.

Son formadores de hueso. Secretan tropocolágena y glucosaminoglucanos ácidos. Pero lo más importante es que tan bien almacenan el mineral usado en la mineralización. Los osteoblastos o células osteoprogenitoras cubren casi todas las superficies óseas. En inactividad, adoptan una configuración ahusada. Durante los periodos inactivos de su ciclo, se conocen como osteoblastos inactivos. Sin embargo, también pueden ser osteoprogenitoras, por que los osteoblastos y osteoclastos se notan mucho sobre estas superficies en periodos subsecuentes. ⁴

17 54

La actividad secretora del osteoblasto es bifásica. La primera fase incluye la síntesis y secreción de materiales orgánicos. La tropocolágena se polimeriza fuera de la célula y se orienta en forma ordenada. La primera fase culmina en la formación de la sutura osteoide. La segunda fase es la mineralización del osteoide. La comprensión clara de este proceso bifásico y aposicional en la formación del hueso explica muchas observaciones. La formación progresiva con posterior mineralización de la sutura osteoide determina características muy organizadas y laminares del hueso maduro. Cualquier ruptura o alteración de este orden puede tener efectos muy importantes sobre la cantidad y calidad del hueso en formación. ^{4 17}

A medida que los osteoblastos secretan sus productos y se retraen ante el frente

de avance del osteoide, algunas de las células (cerca del 10%) quedan enclavadas en sus productos de secreción. En este punto, los osteoblastos se denominan osteocitos.⁴

d) Osteoclastos.

Son células gigantes multinucleadas encargadas de la remoción del hueso. Poseen mecanismos celulares necesarios para disolverle mineral óseo, y digerir la matriz orgánica. Liberan ácidos orgánicos (citrato y lactato), que disminuyen el pH del microambiente. Estos ácidos disuelven el mineral óseo y mejoran la actividad de las enzimas lisosomales que se liberan hidrolasas ácidas, que hidrolizan en forma activa la matriz orgánica. El proceso de remoción ósea, mediado por los osteoclastos, se denomina osteoclasia.^{4,50}

En este caso los osteoclastos son los encargados de absorber la matriz cartilaginosa osificada, formándose entonces nuevo hueso por acción de los osteoblastos. Este proceso es en el que se basa la osificación endocondral.⁵⁴

5.2. Organización del hueso.

a) Periostio.

Es la cubierta externa del hueso. Cubre el hueso en su totalidad, excepto en las superficies articulares. Este, esta formado por una capa fibrosa y una celular. La fibrosa es de tejido conjuntivo, fibroso, blanco, denso y se considera la cápsula del órgano. La capa celular de periostio consiste en células mesenquimatosas, osteoprogenitoras, osteoblastos y osteoclastos. Las células de periostio se encargan de muchas actividades importantes. Durante el desarrollo, las osteogénicas de esta capa aumentan el diámetro de la diáfisis. Esta membrana también responde a diversas lesiones con formación de hueso periostial nuevo.⁴

17 25 49 50

b) Endostio.

Es la membrana de recubierta interna del hueso como órgano y tejido. Con

base en su distribución anatómica dentro de los huesos, se hacen tres subdivisiones del endostio. Es importante identificarlas como envolturas distintas, por que su actividad es diferente bajo situaciones específicas, sin importar si se continúan unas con otras. El endostio se divide en tres subgrupos del endostio son cortical, trabecular y osteonal. el cortical es la membrana que cubre al hueso compacto y define el limite periférico de la cavidad medular. El trabecular es la envoltura que recubre las trabéculas óseas que atraviesan la cavidad medular. En casi todos los huesos largos, las trabéculas y sus cubiertas están confinadas a las epífisis proximales y distales y a las metáfisis.⁴

c) Hueso Cortical (Compacto).

El hueso compacto es una masa ósea continua que contiene conductos vasculares de tamaño microscópico conectados entre sí (Fig.6) Forman las diáfisis de los huesos largos. En un hueso cortical de un individuo adulto, se distingue, de afuera hacia adentro, el periostio con sus tres capas: la fibrosa y las dos osteógenas.⁵⁰

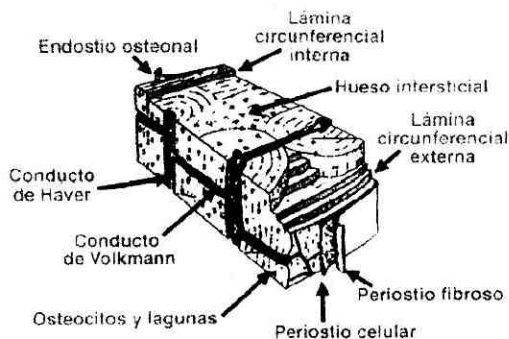


Fig. 6.- Esquema de la estructura de la cortical de un hueso.⁵⁴

El aspecto microscópico del hueso cortical muestra que es muy denso y está alineado con regularidad, por lo tanto imparte una fuerza considerable a la diáfisis de los huesos largos. La disposición del hueso en la diáfisis demuestra un concepto mecánico principal, el momento de inercia de la sección transversal (MIT), que se aplica a diferentes aspectos del tratamiento de las fracturas y es la base de la compresión de distintas situaciones.^{4 10}

d) Hueso Esponjoso.

Está compuesto (dispuesto) por una red de trabéculas (especulas) óseas, limitadas por células osteógenas formando espacios que contienen tejido medular. Los bordes de tejido óseo están limitados por células osteógenas (Fig.7). El hueso esponjoso consta de trabéculas óseas de formas y grosores variables, que se cruzan y unen, cuyos espacios están rellenos con medula ósea (Fig.7).^{4 49 50}

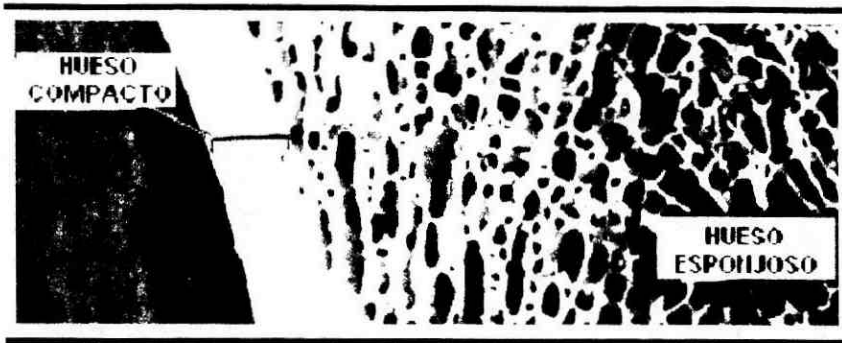


Fig. 7.- Corte que muestra al hueso compacto y hueso esponjoso.¹⁷

El hueso esponjoso muestra reacciones similares al cortical. La relación de volumen del hueso esponjoso es mucho menor que el compacto. La masa ósea por lo tanto es más accesible a los cambios biológicos. Los cuales en el hueso esponjoso toman lugar sobre todo en la superficie de las trabéculas. Las propiedades del hueso esponjoso están determinadas por la densidad y por la arquitectura del hueso.^{4 6 10 17 49}

La menor masa de hueso esponjoso comparada con el cortical por necesidad le otorga menor resistencia mecánica. Esto es de 25 a 100 veces menor que los valores correspondientes para el hueso cortical. Una parte de esta debilidad del hueso esponjoso es contrarrestada por el área de sección transversa comparativamente más alta de un hueso metafisario o epifisario en relación con la diáfisis.⁶

VI. BIOMECÁNICA DEL HUESO.

6.1. Propiedades Dinámicas Del Hueso.

La principal función mecánica del hueso es actuar como una estructura de soporte y transmitir carga. Las cargas que el hueso tiene que resistir son de compresión pura, de inclinación, que resulta en la carga en tensión de una cortical y de compresión en la otra y las de toque o giro. El hueso es más fuerte en compresión y más débil en tensión.⁴⁶

Estas son: osificación endocondral, remodelado interno, modelado, reparación y metabolismo del calcio. Estos procesos indican que el hueso es un tejido viable y dinámico. Además de la función de sostén y locomoción, el hueso satisface algunos requerimientos metabólicos muy importantes por su labilidad.^{4 17 21}

La dinámica estudia la acción de las fuerzas sobre los cuerpos cuando no están en equilibrio, por lo cual se define también como la parte de la mecánica que estudia el movimiento y las fuerzas que la originan.⁴⁴

El proceso por el que los huesos cambian de características internas sin alterar su morfología macroscópica se denomina remodelado interno. Esta actividad especial durante toda la vida incluye la remoción del hueso lamelar viejo y su reemplazo por hueso lamelar nuevo.^{4 49}

El mantenimiento homeostático del esqueleto es alcanzado a través de la actividad equilibrada de osteoblastos y osteoclastos. Las láminas de hueso circunferencial externo e interno son remodeladas de manera semejante, a partir de las estructuras del periostio y del endosito.^{25 49}

El descubrimiento de que las células óseas se comunican por medio de los aminoácidos excitadores, que previamente solo se pensaba que solo estaban implicados en la comunicación intracelular dentro del SNC, es un ejemplo de la

ruta mediante la cual la consolidación de las fracturas podrían potenciarse. ¹⁰

6.2. Propiedades Mecánicas Del Hueso.

Una de las propiedades físicas más importantes del hueso es su densidad, por que muchas de sus propiedades mecánicas se relacionan en forma directa con esta propiedad. La arquitectura del tejido óseo, depende de la función que el mismo desempeña y es capaz de cambiar cuando se modifica esta función. Es perfectamente lícito comparar el diseño de elementos de la vida cotidiana que fueron evolucionando de acuerdo a la función que cumplen, con el diseño que la naturaleza le dio a la arquitectura ósea. Es admirable la observación detallada de un corte de un hueso largo con la disposición de sus trabéculas óseas para soportar presiones en las epífisis y movimientos de palanca en sus diáfisis. ^{4 38}

El hueso es un material complejo compuesto mayoritariamente de fibrillas organizadas de colágeno y de una matriz mineral de hidroxiapatita. Aunque existen otros muchos componentes, estos dos constituyen de manera significativa al comportamiento mecánico del hueso. ¹⁰

Cuando un material no es homogéneo, su comportamiento mecánico está influenciado por la dirección de carga relativa de orientación, y este material es considerado anisotrópico. La respuesta también varía con el tipo de carga aplicada. Debido a la organización de la fase mineral, el hueso es muy resistente a la compresión en todas las direcciones. La interacción de los cristales minerales hace que el hueso se rompa por cizallamiento, normalmente ha 45 grados del eje mayor. Como los cristales minerales son mucho más resistentes a la compresión que las fibras de colágeno lo son ha la mención, las cargas agudas compresoras son mucho mayores que las cargas de rotura medidas en evaluaciones de tensión. ¹⁰

VII. TIPO DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL HUESO.

Para la reparación adecuada de las fracturas, es fundamental conocer los tipos de

fuerzas que operan sobre los huesos:

a) Tracción o tensión.

Los huesos siempre están sujetos a varias fuerzas que actúan sobre ellos. La magnitud, dirección, duración y rapidez a las que se aplica una fuerza (tensión) influyen sobre la respuesta del órgano. Esta fuerza actúa sobre el eje largo del hueso intentando alargarlo e interviene en las fracturas transversas o por avulsión. Las fibras colágenas del hueso le proporcionan la fuerza tensional, en tanto que los cristales de hidroxiapatita son los que determinan la fuerza de compresión (Fig. 8).^{4, 10}

b) Compresión.

También actúa en el eje largo del hueso intentando acortarlo, interviene en las fracturas por impacción o con hundimiento. Si la fuerza produce un alargamiento de la estructura, es signo de que se trata de una fuerza tensional. Si por el contrario, la fuerza acorta la estructura se trata de una fuerza compresiva (Fig.9) La tensión y la compresión son dos de los tipos de fuerza más importantes que influyen sobre la integridad y orientación espacial de los huesos. También influyen la resistencia al deslizamiento, flexión y fuerzas de torsión.^{4,10}

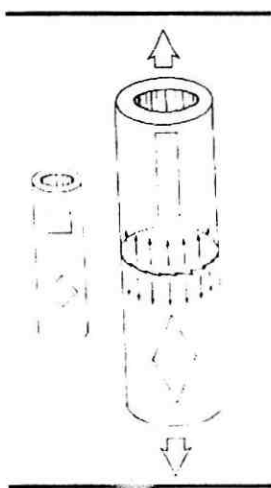


Fig. 8.- Ilustración que muestra las cargas de tensión.⁶

Fig. 9.- Ilustración que muestra cargas compresivas.⁶

c) Flexión.

Actúa sobre un punto focal específico sobre el hueso, generando fracturas transversas u oblicuas cortas. La aplicación de una fuerza de flexión de suficiente magnitud, a un hueso, hace que la estructura se curve. Cuando esto sucede, la fuerza compresiva se desarrolla a lo largo de la superficie cóncava y la fuerza tensorial se desarrolla sobre la superficie convexa (Fig. 10).¹⁰

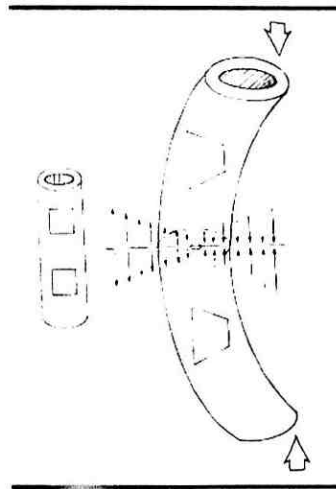


Fig. 10.- Ilustración que muestra cargas inflexivas⁶

d) Corte.

Las fuerzas deslizantes son transmitidas en paralelo al eje largo del hueso. Causa fracturas de prominencias óseas a lo largo de la línea de la fuerza o en las configuraciones fracturarias oblicuas (Fig. 11).¹⁰

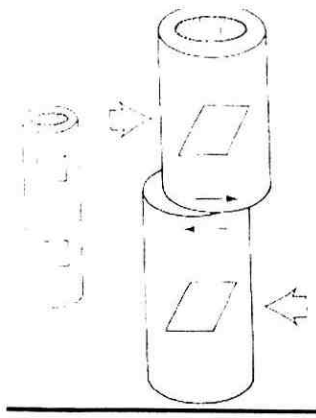


Fig. 11.- Ilustración que muestra cargas transversas.⁶

e) Torsión.

Actúa sobre el eje largo del hueso e interviene en las fracturas espirales.
(Fig. 12).⁴¹

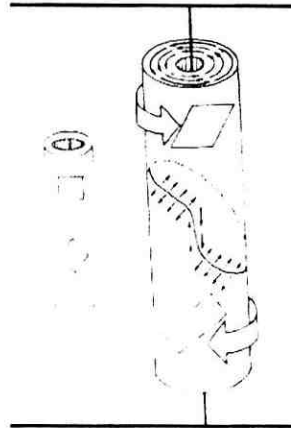


Fig. 12.- Ilustración que muestra cargas torsionales.⁶

La estructura cilíndrica de la diáfisis proporciona la resistencia a las fuerzas de flexión y de rotación mientras optimiza la masa del hueso. La naturaleza dinámica de la respuesta del hueso al entorno mecánico se revela por el modo mediante el cual responde al incremento de la carga. En los animales, existen pocos procesos en los que se necesite considerar la mecánica del hueso esponjoso. El primer interés es la capacidad para mantener implantes cuando se producen fracturas en las metáfisis o en las epífisis, en particular en animales jóvenes y en los animales viejos.¹⁰

Las dimensiones de la estructura también determinan el momento de inercia polar (MIP), lo que influye en la resistencia de carga de torsión. El MIP refleja la distribución de la estructura alrededor del eje central de rotación. El material más lejano del eje se incrementa este parámetro y produce una estructura con resistencia superior a la rotación.^{10 44}

VIII. PRINCIPALES HORMONAS QUE INFLUYEN SOBRE LA ESTRUCTURA DEL HUESO.

Los componentes de la matriz confieren al hueso una propiedad fisiológica única e importante, que influye sobre las características y comportamiento de los otros sistemas biológicos. La dureza, fuerza y rigidez del esqueleto están en función de sus propiedades físicas. Muchas hormonas influyen sobre la estructura del hueso y están involucradas directa o indirectamente en la regulación del calcio.

4

Los osteocitos y osteoblastos cooperan en el movimiento del mineral óseo desde el hueso hasta el líquido extracelular. Una de las que ejerce un efecto regulador sobre el hueso es la paratormona (PTH). Esta se libera de las glándulas paratiroides por influencia directa de la disminución en las concentraciones sanguíneas de calcio (hipocalcemia). Por su acción sobre los órganos blanco (hueso, intestino, riñón), favorece la liberación de calcio a la sangre.⁴

En tanto que la PTH favorece la elevación de las concentraciones sanguíneas de calcio, la calcitonina o tirocalcitonina favorece la disminución de dichas concentraciones.⁴

Hay numerosas diferencias de especie, relacionadas con los efectos de las hormonas gonadal es sobre el esqueleto maduro. La remoción de los ovarios en una hembra madura conduce a la pérdida de masa esquelética. La hormona paratiroidea tiene efectos directos sobre el hueso y el riñón y un efecto indirecto

sobre la mucosa intestinal, todos los cuales, modifican de alguna manera los niveles de calcio y fosfato en el suero y la orina. ^{4 25}

Hormona del crecimiento, influye en el crecimiento esquelético al regular la tasa de mitosis de los condrocitos en proliferación. Su exceso antes del cerrado de la placa de crecimiento origina gigantismo hipofisiario, aunque la somatotropina (hormona de crecimiento) manifiesta su influencia primero sobre el esqueleto, en desarrollo, es esencial en los procesos normales de reparación ósea. ^{4 17 25}

La PTH se libera en periodos de necesidad de calcio (hipocalcemia) y su efecto más inmediato sobre el hueso quizá se manifiesta sobre los osteocitos. ⁴

Cantidades excesivas de glucocorticoides inhiben el crecimiento esquelético y retrasan el desarrollo de los centros de osificación secundaria. También se reduce la actividad osteoblástica dentro de la esponjosa primaria y secundaria. De manera parecida, disminuye también la actividad osteoblástica del periostio y endostio de los huesos en crecimiento. Los glucocorticoides suprarrenales como la cortisona, promueven el catabolismo proteico en los tejidos periféricos y su exceso genera una matriz ósea defectuosa y por ende mal calcificada. ^{4 17}

La tirocalcitonina (TCT) es liberada por las células parafoliculares del tiroides en respuesta a un estímulo directo por concentraciones elevadas de calcio en la sangre (hipercalcemia). Por tanto, es un factor hipocalcemiante, ya que favorece la disminución de las concentraciones de calcio sanguíneo. Aunque el calcio sanguíneo se conserva en cifras homeostáticas (10 mg %), siempre es variable. Ambas hormonas funcionan en forma sinérgica para conservar 10 mg % (normocalcemia). ^{4 17}

La calcitonina tiene efectos opuestos a la paratormona, aunque actúa por mecanismos diferentes; bloquea la acción de los osteoclastos encargados de la disolución del hueso promueve la incorporación de fosfato y de calcio a las células

del hueso para la formación de hidroxipatita; en el riñón aumenta la excreción del calcio y fosfato. Los animales jóvenes son 50 a 100 veces más sensibles a la calcitonina en comparación con los adultos.⁴

Aunque las hormonas tiroideas (T3 y T4) afectan la actividad metabólica celular de casi todas las células, sus efectos sobre el esqueleto en desarrollo se manifiestan primero en el cartílago. La tiroxina (T4) es necesaria para la proliferación y maduración de los condrocitos.⁴

Los estrógenos tienen efectos diversos, complejos y específicos de especie sobre la osificación endocondral, en general, inhiben el crecimiento lineal, lo cual favorece el cerrado de las placas de crecimiento. Los estrógenos quizá inhiben la osteoclasia. El efecto de la testosterona sobre el esqueleto maduro parece ser muy parecido al de los estrógenos. La maduración esquelética depende de esta hormona, por que favorece la formación del hueso. Es importante para el cerrado normal de la placa de crecimiento.⁴

IX. CICATRIZACIÓN ÓSEA.

Se considera cicatrización ósea a los procesos que conllevan a la curación de una fractura. El proceso de reparación ósea sigue un patrón similar al proceso inflamatorio, y los fenómenos se suceden en forma de cascada(fase inflamatoria, reparadora y de remodelación). Un factor importante a recordar es que el proceso no es igual en todos los huesos. Existe una especificidad ósea, debido a las diferentes funciones que tienen los huesos en diversas partes del esqueleto; por ejemplo, huesos del cráneo y los que cargan el peso del cuerpo. La mayor parte de las investigaciones se ocupa de los últimos, por la importancia que tienen en mantener la función de locomoción, movimiento y carga de peso.^{4 49 54}

La consolidación de una fractura es una forma especializada de reparación de heridas en las que se produce la regeneración de la lesión sin formación de

cicatriz. Los mecanismo de tal remarcable respuesta implican el crecimiento, la modelación y la remodelación óseos. El control de la reparación de la fractura esta sometido, por lo tanto, a las mismas influencias locales sistémicas capaces de afectar al hueso en otras circunstancias.¹⁰

La lesión desencadena una serie de fenómenos que se denominan reparación ósea y termina cuando se han restablecido la función biomecánica del tejido óseo. En ese mecanismo intervienen fenómenos bioquímicos, biofísicos e histológicos.⁴⁹

La consolidación de la fractura es un proceso remarcable, ya que es uno de los mecanismos de reparación más exitosos del organismo. Cuando se considera la inmensa complejidad de las interacciones celulares que se producen para restablecer la continuidad de los huesos fracturados, sorprende que se produzcan tan pocos problemas^{6 10 49}

9.1. Tipos de cicatrización.

a) Cicatrización Ósea Primaria o De Primera Intención (Directa).

La cicatrización por primera intención se caracteriza por una formación directa de tejido óseo en una línea de fractura sin la intervención de ningún otro tipo de tejido (estructura cartilaginosa intermedia de sostén o callo). Esto sólo se consigue cuando en un foco de fractura se dan las siguientes condiciones (Fig. 13):

1. Buen aporte sanguíneo.
2. Ausencia de micromovimientos.
3. Perfecta reducción de los bordes de la fractura.
4. Pronta estabilización.
5. Existencia de fuerzas de compresión sobre la línea de fractura.^{4 54}

Se demostró que en condiciones de absoluta estabilidad, tanto los fragmentos de hueso esponjoso como cortical consolidan por una unión ósea.⁴⁶

En esta circunstancia, los sistemas haversianos pueden cruzar el espacio de fractura y reparar el hueso cortical directamente sin ningún proceso endocondral. Cuando existen defectos en el hueso esponjoso, con suficiente estabilidad, es posible que las trabéculas se regeneren directamente. Esto puede producirse por crecimiento axial de nuevos elementos a lo largo de las fibras de colágeno y elastina que se forman dentro del defecto. ¹⁰

Inmediatamente después de la fractura, el hueso que se ha unido mediante la consolidación ósea primaria es más débil que el unido por el callo. Este, por su disposición espacial está más lejos del eje central del hueso que la placa y por lo tanto se encuentra en una posición más ventajosa desde el punto de vista mecánico para resistir las fuerzas. ⁴⁶

La consolidación directa de la fractura no se produce sin intervención quirúrgica. El grupo ASIF/ Vet. desarrolló la idea de que la reducción anatómica, la fijación rígida y el rápido retorno a la función normal eran los objetivos ideales del tratamiento. ¹⁰

Depende en esencia del grado de inmovilización de la fractura si predominan las células cartilaginosas en el callo primario. Algunos investigadores han demostrado que con alguna inmovilización perfecta, por medio de placas metálicas, en la práctica puede eliminarse el callo cartilaginoso y se forma de manera directa el tejido óseo. Las fracturas fijadas con placas, que curan por unión directa, son más débiles que el hueso colindante y tardan más en unir que las curadas por unión indirecta. ^{10 49}

Una acelerada remodelación haversiana fue observada a lo largo del endostio de huesos largos sometidos a un enclavamiento intramedular. La topografía del hueso remodelado era similar a la distribución del hueso muerto producida por el fresado y el enclavamiento. La remodelación Haversiana acelerada se observa solamente en condiciones de absoluta estabilidad. Esto significa que la

consolidación ósea primaria sería más adecuado considerarla como un remodelado acelerado del hueso a nivel de la fractura y que solo el hueso vivo en el punto de fractura es capaz de consolidación superando el movimiento y proporcionando estabilidad gracias a la formación de callo.³⁸

La restauración de fracturas en presencia de fijación interna de rigidez variable sigue en el mismo patrón que el mecanismo espontáneo, pero puede reducirse ha un solo paso si hay suficiente estabilidad.⁶

La estabilización, o reducción de la distensión por debajo de niveles microscópicos depende del ligamento de los fragmentos mediante hueso o captación por compresión. La compresión correctamente aplicada debe asegurar un contacto sin movimiento para mantener la precarga y fricción de entrelazado hasta que suceda la osteogénesis primaria.⁶

El prerrequisito para la cicatrización ósea primaria es sin duda, una baja distensión interfragmentaria, por lo tanto, es el mantenimiento de la compresión aplicada al hueso en vivo, al menos durante los estadios iniciales de la unión. El análisis biomecánico de la cicatrización ósea primaria revela que el cruce directo de un área de contacto por ostiones haversianos o lleno directo de una brecha con hueso laminar requiere una fijación estable sin micromovimiento.⁶

La compresión interfragmentaria mediante precarga en áreas de contacto e instalación de fricción brinda una estabilidad de fijación absoluta y en consecuencia, mecánicamente facilita la cicatrización ósea primaria. El descubrimiento de la cicatrización ósea primaria sin intervención quirúrgica, si bien restringida a las fracturas con estabilidad espontánea, desacredita el argumento de que la ausencia de callo puede ser explicada por el trauma quirúrgico del periostio.⁶

Existen circunstancias en las cuales la presencia del callo de fractura es un grave

obstáculo para restablecer función. Este es el raro caso de las fracturas de diáfisis de los huesos largos (por ejemplo fémur), pero cuando una fractura afecta a parte de superficie articular, la primera consideración es la deducción anatómica rápida de los fragmentos. Si esto se realiza y los fragmentos se sujetan con rigidez, puede producirse la consolidación directa de la fractura sin formación o con pequeña formación de callo.¹⁰



Fig. 13.- Microfotografía de osificación por primera intención
Unión osteonal directa. Una osteona atraviesa la línea de fractura.⁵⁴

b) Cicatrización Ósea Secundaria o De Segunda Intención (Indirecta).

La cicatrización por segunda intención es el tipo de osificación más frecuente y se produce bajo diferentes condiciones.

1. Cuando existe cierta separación entre los bordes de la fractura.
2. Cuando el sistema de estabilización no proporciona una estabilidad perfecta.
3. En ausencia de fuerzas de compresión sobre las líneas de fractura.
4. Cuando se ha producido un excesivo daño vascular.⁵⁴

En la cicatrización de segunda intención, al repararse la fractura, esencialmente, se repite la osificación endocondral.⁴

La osteogénesis directa (primaria) a través de la fractura sin formación de callo externo sucede solo en condiciones especiales de inmovilidad y viabilidad. Con

mayor frecuencia observamos la “restauración con callo” con osteogénesis indirecta (secundaria) a través de tejidos intermedios en el sitio de la fractura. ⁶

Incluye la formación de una estructura externa de sostén, formada por cartílago, callo, durante el proceso de reparación de la fractura. Este tipo de cicatrización puede anticiparse cuando no se usan instrumentos de fijación rígida interna (por ejemplo clavos, cerclajes, placas etc.). ⁴

En circunstancias normales, después de una fractura, existe cierto grado de inestabilidad de los extremos óseos. El movimiento entre los huesos no permite la formación inmediata de nuevo hueso. Por lo tanto, los fibroblastos producen tejido fibroso en el coágulo organizado de alrededor de la fractura. ¹⁰

En el proceso de organización, se produce una invasión de capilares y una angiogénesis, de tal manera que otras células precursoras acceden al coágulo a partir de la circulación. El tejido fibroso estabiliza lo suficiente la fractura para permitir la supervivencia del cartílago, y se produce un frente de metaplasma desde cada lado del borde perióstico del callo a través del espacio de fractura. Entonces se reemplaza el cartílago por hueso mediante un proceso endocondral. Esta consolidación indirecta de la fractura es biológicamente un proceso sensible. Puesto que el coágulo forma una masa alrededor del lugar de fractura, el callo resultante forma una gran masa alrededor de los extremos óseos de tal manera que, cuando se produce el proceso de organización, el endurecimiento secuencial de los tejidos proporciona una buena estabilidad mecánica. Cuando se han unido los huesos, la fractura es más fuerte que el hueso normal colindante, y la remodelación reduce la masa superflua, con lo que finalmente, puede producirse la restauración completa de la función y resistencia normales. ¹⁰

La fuerza mecánica que supera a la tolerancia distensional del hueso ocasiona fractura y lesión de las partes blandas asociadas. Debido a la resultante discontinuidad mecánica del hueso, las fuerzas externas y la tracción de los

músculos y otras fijaciones de tejidos blandos desplazan a los fragmentos. La disrupción de la continuidad ósea no es el único daño. Los vasos sanguíneos que cruzan la fractura sean medular, corticales o del complejo mioperióstico son desgarrados. ⁶

9.2. Fases de la reparación secundaria.

a) estado de impacto.

El proceso de reparación de fracturas es un conjunto de sucesos celulares que avanza a partir del daño (impacto) a lo largo de un remodelado del lugar lesionado. La energía absorbida por el impacto sobre el hueso origina el tipo de extensión del daño manifestado. Debido a sus características físicas, los huesos fallan (se fracturan) con mayor facilidad con una presión mecánica rápida que con una lenta. También se fracturan en tensión. El impacto no sólo determina la pérdida de la continuidad ósea sino que causa el daño sobre los tejidos suaves que rodean al sitio de fractura. Esto ocasiona la muerte de los tejidos normales por bloqueo del aporte sanguíneo por ruptura del lecho vascular. ⁴

Bajo situaciones específicas, puede anticiparse lo siguiente: después del impacto, habrá lesión de los tejidos suaves que rodean al hueso y se inflamarán. Como consecuencia de la fractura, se rompen los conductos vasculares dentro del hueso. Esto originará muerte de las células óseas (osteoprogenitoras, osteoblastos y osteocitos) y endotelial en las áreas inmediatamente posteriores a los extremos de los fragmentos fracturados. Esto conduce a aquel sitio de fractura reciba un borde de hueso muerto atrás del nivel de la primera anastomosis viable con vasos funcionales. Entonces proliferan células osteoprogenitoras y endotelial en el hueso viable adyacente al borde de hueso muerto del sitio de fractura. ^{4 17 50}

Cuando el hueso se rompe o fractura en dos segmentos, se desgarran el periostio y se produce una hemorragia que forma un coágulo en el foco de fractura y alrededor de él. El hematoma, el cual será invadido por células, en especial macrófagos que fagocitan la fibrina y otros detritos celulares. Se ha comentado

mucho sobre la utilidad del hematoma, atribuyéndole la función de conferirle cierta fijeza inicial al lugar de la fractura. Sin embargo, se ha podido comprobar por medio de la aspiración de la sangre derramada inmediatamente después del traumatismo, que el hematoma no es indispensable para la formación del callo.⁴⁹

50

b) Estadio de inducción.

La identificación de este estadio distinto y separado es artificial. Aunque se inicia después del traumatismo, la inducción de nuevas células se lleva a cabo durante toda la reparación. Sin embargo, se identificara como estadio separado por la importancia de los sucesos que tienen lugar durante el mismo. Las células deberán ser inducidas a la proliferación, diferenciación y modulación a poblaciones celulares nuevas que replacen las que fueron dañadas.⁴

Los vasos sanguíneos llegan a ocluirse por mecanismos homeostáticos, y la circulación se detiene en el interior de estos vasos por detrás de los puntos en que se anastomosan con los vasos, en cuyo interior continúa la corriente sanguínea.⁵⁰

La corriente sanguínea cesa en los sistemas de Havers a una distancia variable a cada lado de la línea de fractura y del hueso inmediatamente adyacente a ella, y al extenderse a distancia variable, la línea de fractura se vuelve necrótica. Además, también sufren necrosis el periostio y la medula que bordea la línea de fractura.⁵⁰

En el caso de una fractura que ha sido inmovilizada se inicia, dentro de las primeras 8 a 12 horas, con seguridad la estimulación los factores mitógenos, la proliferación de las células condrogénicas y osteógenas en las dos capas internas del periostio y de los fibroblastos de su capa externa.⁴⁹

c) Estado De Inflamación

La inflamación es parte esencial del proceso de reparación. Las actividades de este estadio se superponen con el de reparación. De manera clásica este

Además de los procesos locales que se producen inmediatamente después de una fractura, existe una respuesta inflamatoria aguda en la zona lesionada. El mayor efecto sistémico de esta inflamación es la respuesta de la fase aguda (RFA) un proceso que parece tener una función protectora en el organismo. La RFA también se asocia con cambios hormonales (insulina, glucocorticoides y catecolaminas), vitaminas y minerales, principalmente hierro y zinc. También se activan las cascadas de enzimas proteolíticas mediante las vías de coagulación, complemento, quininas y vías fibrinolíticas, y un cambio en el metabolismo de los aminoácidos con degradación de las proteínas musculares. Localmente los fenómenos agudos después de la fractura siguen la misma secuencia inicial que se observa en otros tejidos, como sangrado que progresa hacia la organización del coagulo, angiogénesis y fibrosis. En este estado los acontecimientos en el hueso empiezan a diferir de los de otros tejidos, ya que se reemplaza el callo fibroso por cartílago que evoluciona hacia una osificación endocondral y eventualmente se remodelara con el tiempo. ^{10, 46}

d) Estado De Reparación.

Dentro de esta fase podemos diferenciar dos tipos de cicatrización atendiendo a la forma en la que se va a regenerar el nuevo hueso, es decir a la cantidad de callo óseo que se forma durante el proceso. Esta fase comienza con la organización del hematoma de fractura. La fase reparadora consiste en líneas generales en procesos por los cuales el organismo intenta unir los fragmentos óseos entre sí. Esto se realiza mediante el depósito de diferentes tipos de tejido en las líneas de fractura. La responsabilidad de esta reparación corre a cargo de células multipotenciales que acuden al foco de fractura para diferenciarse en fibroblastos, condroblastos y osteoblastos o bien a partir de células locales ya diferenciadas que han sobrevivido a la fractura. Este estadio incluye muchas actividades celulares, que se inician con la inducción, progresan a lo largo de la

inflamación y terminan con la formación del callo. ^{4 54}

A medida que el hematoma se reorganiza y es invadido por células fagocíticas y fibroblásticas, el periostio, endostio cortical, trabecular y osteonal se caracterizan por una actividad mitótica extensa de las células osteogénicas y endoteliales. ⁴⁹

Se han aislado factores de crecimiento de los condroblastos que controlan la intensidad de mitosis. Una vez que la intensidad celular de las células cartilaginosas es óptima, se inicia la secreción de colágena específica del cartílago y de ácido hialurónico, con lo que se termina la fase de proliferación intensa. Las células osteoprogenitoras del endostio y del periostio igualmente producen sustancias mitógenas, otras que estimulan la formación de colágena ósea y por ultimo las que estimulan la remodelación. ⁴⁹

Durante el proceso normal de osificación endocondral, los condrocitos del cartílago de crecimiento llevan una secuencia ordenada de desarrollo. Los condrocitos del callo óseo probablemente procedentes de células del periostio o de células diferenciadas del hematoma organizado, están sometidos a la misma secuencia de acontecimientos. ¹⁰

Dentro de la fase de reparación se distinguen las siguientes etapas:

Formación del callo: En condiciones adecuadas después de transcurridos cuatro o cinco días de la fractura existe ya formación de hueso esponjoso tanto a nivel del periostio como del endóstio. En este momento se produce una infiltración de células mesenquimales a nivel del foco de fractura. Dentro de los primeros dos días posteriores a la fractura proliferan células osteogénicas que despegan la capa fibrosa del periostio separándola del hueso. El callo óseo se forma a partir de tres tipos de tejido: fibroso, cartilaginoso y hueso inmaduro fibroso. El tipo de tejido predominante va a depender principalmente de dos factores, fuerzas que actúan sobre el foco de fractura. ^{54 50}

La formación del callo óseo comienza con la llegada de células mesenquimales indiferenciadas a nivel del foco de fractura. Algunas de estas células producen primeramente tejido fibroso, pero gradualmente esta producción se va orientando hacia la producción de tejido cartilaginoso. Una vez formada esta base de tejido cartilaginoso y mediante procesos similares a la osificación endocondral se va produciendo una sustitución de éste por tejido óseo.⁵⁴

El callo es el tejido nuevo que se forma en el sitio de fractura. Su formación empieza en realidad con la del tejido hiperplásico y fibrocelular de expansión que se forma desde las cubiertas endostial y periostial y termina con el depósito de hueso a través del espacio fracturado.^{4 7 10}

La formación de hueso durante la consolidación de la fractura, tanto endocondral como aposicional, produce la sustitución de una gran masa de callo perióstico y endóstico por el hueso. Sin embargo en este estado, aunque existe restauración de la función por que el hueso es capaz de soportar la carga, la masa del callo es excesiva y puede además interferir con los movimientos normales del músculo y de los tendones.¹⁰

Existen distintos tipos de callo dependiendo del tipo de tejido que lo forman y su posición dentro de la fractura:

Tipos de callo:

Callo periostial.

Es la primera unión que se produce al nivel de un foco de fractura (Fig. 14,16). Su formación comienza a cierta distancia de la línea de fractura justo por detrás del tejido necrótico del borde de la fractura. Tiene como función la de "sujetar" los fragmentos. Su tamaño depende de las posibilidades de movimientos de los fragmentos óseos. En caso de un movimiento excesivo del foco de fractura involuciona no cicatrizando la fractura.^{4 50 54}



Fig. 14.- Radiografía de la formación del callo periosteal.⁵⁴

Esta actividad osteogénica culmina con la formación de nuevo hueso periosteal. Con el tiempo, esta capa de células en proliferación crea un puente que cubre el espacio entre fragmentos y forma una capa celular periférica muy engrosada alrededor del hematoma en regresión.^{4 17 46 49 46}

Callo medular.

Se forma a partir de células del canal medular y de osteoblastos procedentes del endósteo. No suele ser muy apreciable mediante radiografías (Fig. 15). Su vascularización corre a cargo de vasos procedentes de la cavidad medular. El callo, que también se desarrolla alrededor de los fragmentos y entre ellos, formando un puente por medio del cual se unen inicialmente los fragmentos, se denomina callo interno.^{50 54}

Callo intercortical.

Su tamaño es variable dependiendo de la separación y reabsorción de tejidos necróticos de los bordes de la fractura. La naturaleza de su osteogénesis es variable y su irrigación depende tanto de la circulación medular como de la periférica. Para su formación es muy importante lograr una buena reducción de la fractura.^{54, 50}



Fig. 15.- Radiografía de la formación del callo medular.⁵⁴

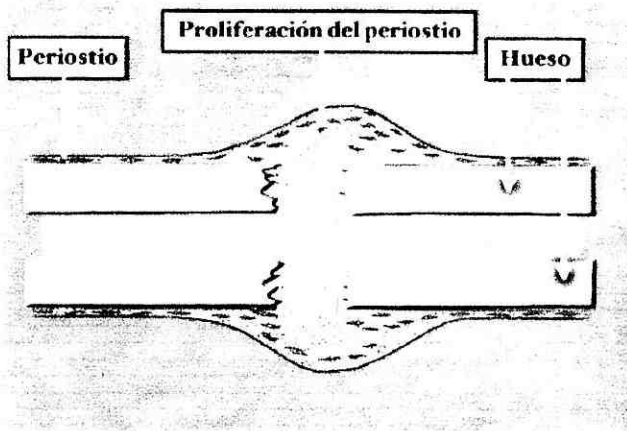


Fig. 16.- Esquema de la formación del callo periosteal.⁵⁴

Los factores humorales y físicos locales influyen las diferentes fases de la maduración del callo. El esfuerzo, estrés y la deformación experimentados por los tejidos dentro de la fractura influyen su desarrollo y diferenciación. Los tipos de tejidos que se presentan en varias regiones del callo están con frecuencia determinados según la tolerancia a las deformaciones locales.^{10, 54}

Un callo mineralizado desorganizado no es tan resistente como un hueso cortical y, por lo tanto, durante la consolidación, la cantidad y las dimensiones del tejido del callo se incrementa para proporcionar resistencias a flexionarse y a torsionarse que sean capaces de contrarrestar las fuerzas aplicadas.¹⁰

e) Remodelación.

Esta fase se caracteriza por una reabsorción del material óseo supérfluo o mal estructurado. Es decir, el organismo elimina todo el tejido óseo que no le es útil para poder soportar la fuerza de presión a las que se encuentra sometido (Fig. 17). Una vez lograda la unión de los dos cabos de la fractura por medio de la formación del callo, se inicia la última fase de la reparación, que es la remodelación. Esta tiene por objeto restituir la forma anatómica del hueso y reemplazar el tejido óseo provisional, formado por hueso entretejido, hueso laminar y sistemas haversianos. Este proceso es iniciado por los osteoclastos, que resorben hueso, formando lagunas de Howship en la superficie del callo. También actúan en las zonas de callo medular para volver a restituir la cavidad medular. De este modo, se vuelve a establecer la forma tubular del hueso.^{10 49 54}

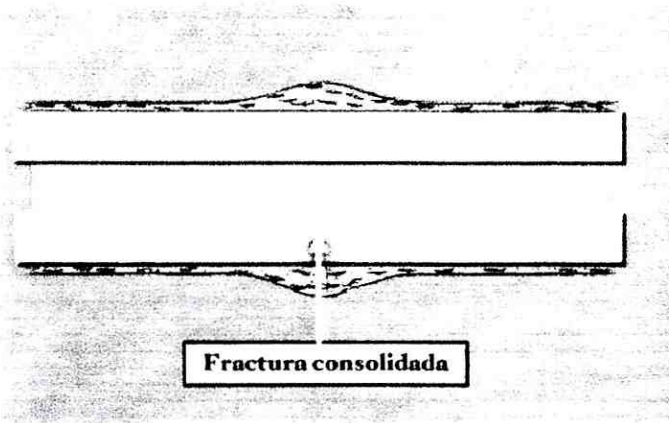


Fig. 17.- Esquema de la sustitución de hueso esponjoso por el hueso laminar.⁵⁴

La fijación sólida permite al osteoclasto mantener condiciones específicas en el espacio de reabsorción donde el pH puede descender hasta 3. La acidificación del espacio de reabsorción es el resultado de la secreción de iones de hidrogeno, producidos por la acción de la anhidrasa carbónica y transportados a través del borde "rugoso" de la membrana celular del osteoclasto mediante una bomba de protones específica.¹⁰

El tiempo que transcurre hasta que el hueso fracturado adquiere una forma

totalmente fisiológica depende mucho de la edad del animal. En animales adultos es un proceso muy lento que puede abarcar incluso toda la vida del animal. Sin embargo, el hueso, una vez finalizados los procesos de osificación, es totalmente funcional.⁵⁴

Remodelación Haversiana.

La remodelación haversiana es un proceso ordenado de reabsorción y formación ósea dentro de la cortical, lo que da la clásica apariencia histológica de lamelas concéntricas en el hueso adulto.¹⁰

X. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA REPARACIÓN DE LAS FRACTURAS.

Hay tres factores que alteran la reparación de la fractura: la estabilidad e inmovilización del sitio de fractura durante el proceso de reparación, la conservación de una buena integridad vascular, y la capacidad para restablecer las relaciones originales entre los fragmentos (reducción). Estos factores determinan si la fractura sanará tendrá una cicatrización de primera o de segunda intención. Los factores nutricionales y metabólicos pueden ejercer una influencia notable sobre la separación del hueso. Una dieta bien equilibrada es un componente esencial para una buena reparación.^{4 17}

- Edad; Los animales más viejos tienden a una actividad osteogénica menor que los jóvenes.^{4 17}
- Enfermedad; Una enfermedad, puede alterar de manera significativa la reparación de la fractura.⁴
- Hormona De Crecimiento; La hormona del crecimiento (hormona somatotrópica, STH) es causa de aumento del hueso principalmente de

origen endóstico, si bien aumenta a si mismo la formación de hueso perióstico e intracortical.⁵⁰

- La Hiperemia; La hiperemia (congestión, disminución de la velocidad de la corriente sanguínea) provoca reducción de la osteogénesis. El traumatismo o la infección es causa de hiperemia relativa, la cual conduce a su vez, a la disolución de las sales de calcio. Las enzimas proteolíticas de los leucocitos producen degradación de la matriz y perturban la formación de osteoide.⁵⁰
- Sobre Carga Por Tracción; Esta fuerza tiende a reducir la tasa de formación ósea. Por ejemplo, el estiramiento o separación a nivel de un foco de fractura disminuye la formación de callo y retarda la consolidación. La presión dentro de los límites fisiológicos de fuerza ejercidos por la musculatura estimula o favorece la osteogénesis.⁵⁰
- Inactividad; Con el desuso o la inactividad se reduce a la osteogénesis, y todo el hueso en la parte Inmovilizada se vuelve osteoporótico.⁵⁰
- Otros factores generadores de anomalías son las lesiones traumáticas en las placas de crecimiento; por ello, se suspende, aunque solo temporalmente, el suministro de oxígeno y de nutrimentos que requiere el tejido de neoformación. Los defectos en el aporte sanguíneo en la región metafisaria a causa de fracturas ha demostrado restringir la mineralización, la invasión vascular del cartílago y favorecer incrementos de crecimiento localizados con persistencia temporal de células hipertrofas.^{38 49 50}

El concepto biológico de la vascularización y el concepto mecánico de la distracción son muy importantes para comprender la teoría de Ilizarov que afirma "que de la observación clínica y de la investigación experimental en condiciones de estabilidad surge que la tensión obtenida con la distracción del tejido formador en condiciones de crecimiento natural y un método de osteosíntesis en distracción,

se favorece la estimulación de la osteogénesis. La tensión es uno de los factores de regulación local del proceso de formación y en particular del aumento de la longitud del miembro. Basándose en este hecho de que la tensión y la distracción estimulan y sostienen la génesis de los tejidos, y en particular del tejido óseo, se considera la zona de crecimiento del hueso como un distractor biológico natural que crea simultáneamente una tensión en distracción de los tejidos blandos. 38

XI. FRACTURA ÓSEA.

Un traumatismo se define como una fuerza capaz de producir una lesión de tipo y magnitud variables según la intensidad de dicha fuerza y el sitio de aplicación. Las fracturas pueden definirse como pérdida de la continuidad o integridad estructural de los huesos. Puede haber cambios concomitantes que alteren la función normal de la unidad anatómica o de producir cambios en cualquier otro sitio y producir síntomas de fractura. No obstante algunas pueden no acompañarse de pérdida clínica de la función normal.^{4 6 22}

Debido a su composición (hidroxiapatita, colágeno y elementos celulares) los huesos antes de romperse experimentan una deformación elástica (reversible) y plástica (irreversible). La resistencia, rigidez y absorción de energía del hueso dependen de sus propiedades materiales (composición, morfología, porosidad), aspectos estructurales (geometría, largo, curvatura) y factores mecánicos (velocidad y orientación de las cargas). Una fractura se presenta cuando se ha excedido el límite de resistencia a tensiones del hueso (Fig. 18).^{41 46 49}

El hueso es un material viscoelástico. Por lo tanto, las fracturas no sólo están relacionadas con la fuerza, sino también con la intensidad aplicada.⁴⁶

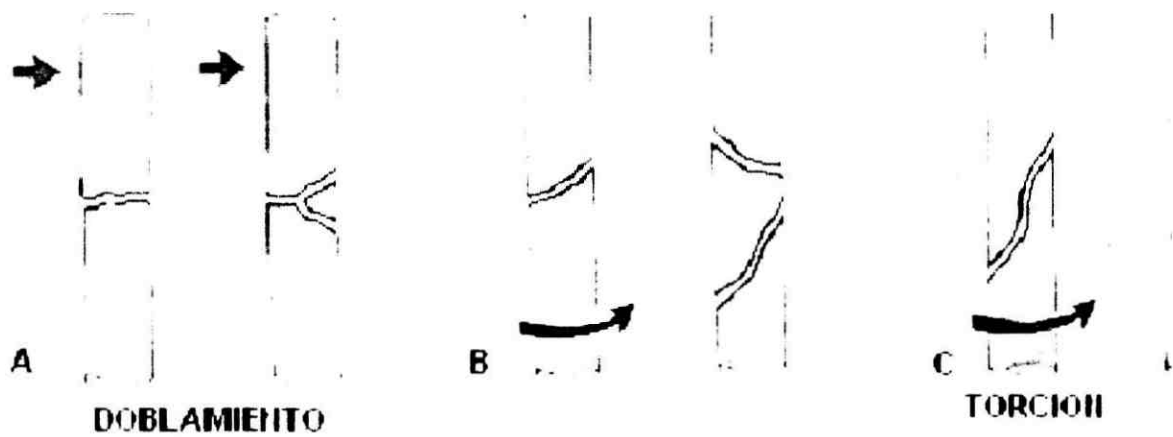


Fig. 18.- A – C. Tipo de patrones fracturarios.⁴⁶

11.1. Clasificación De Las Fracturas.

El sistema que vamos a emplear para clasificar las fracturas de huesos largos está basado en el adoptado por AO Vet., que se desarrollo para clasificar las fracturas alfanuméricamente, con el fin de obtener los datos fácilmente con un ordenador (tabla.1). Este sistema permite la gradación de la complejidad de la fractura y de su estabilidad relativa después de la reducción, por lo que aporta información respecto al tratamiento y al pronóstico adecuado (tabla. 2).⁸

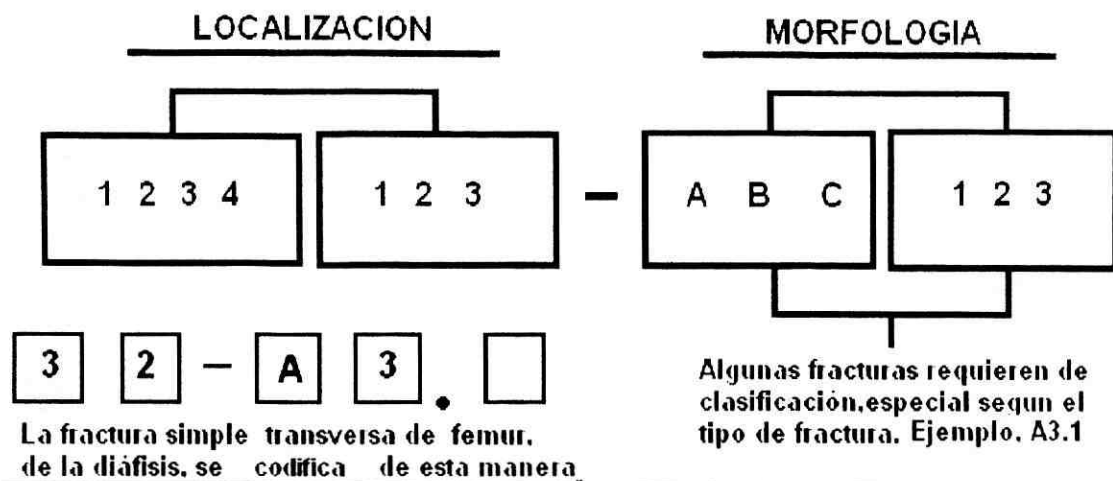
La clasificación debe indicar la gravedad de la fractura, su complejidad morfológica, las dificultades previas al tratamiento y su pronóstico.⁴⁶

Tabla 1.- sistema de clasificación de fracturas ^{8, 46}

AO / VET

CAMPO	NÚMERO / LETRA.
HUESO	
Humero	1
Radio / cubito	2
Fémur	3
Tibia / peroné	4
SEGMENTO	
Proximal	1
Medio	2
Distal	3
TIPO.	
Simple	A
En cuña	B
Complicada	C
GRUPOS	
Grupo A	
Simple espiralada	3
Simple oblicua	2
Transversa	1
Grupo B	
Cuña en espiral	3
Cuña fragmentada	2
Fractura en cuña	1
Grupo C	
Compleja en espiral	3
Compleja segmentaria	2
Compleja irregular	1

Tabla 2.- Sistema AO VET Morfológico y alfanumérico de clasificación de fracturas. ^{8, 46}



Las fracturas pueden clasificarse según muchos criterios. Estos criterios incluyen factores causales, la presencia de una herida externa comunicante y la localización morfológica, gravedad y estabilidad de la fractura, siguiendo la reducción axial de los fragmentos. A continuación describiremos una breve descripción de las diferentes fracturas: ^{3 8 46}

- Cerradas; cuando los tegumentos que recubren los huesos y articulaciones, como músculos y piel, están constituidos sin presentar solución de continuidad.
- Expuestas; cuando los tegumentos que recubren estas estructuras presentan solución de continuidad, por la cual puede haber exposición de fragmentos de hueso.
- Incompletas; cuando hay separación parcial de los radios óseos.
- Completas; cuando hay separación total de los fragmentos óseos.
- Simples; cuando la separación ósea representa solamente una sección de

hueso. Y a su vez estas se clasifican en:

- ✓ Fractura transversa; son el resultado de una fuerza de inclinación. Están asociadas con una pequeña cuña extruída siempre en el lado de la compresión del hueso. La fractura atraviesa el hueso formando un ángulo de no más de 30 grados respecto al eje del hueso. ⁴⁶
- ✓ Fractura oblicua; son también el resultado de una fuerza en inclinación. La cuña extruída permanece insertada a uno de los fragmentos principales. La fractura describe un ángulo superior a 30 grados respecto al eje del hueso.
- Complicadas; cuando en la zona de separación ósea se observan uno o varios fragmentos del hueso. Y ha su vez, existe la de:
 - ✓ Fractura espiral; son el resultado de una fuerza por giro indirecto. Con frecuencia se presentan en combinación con fragmentos en cuña de configuración correspondiente. Estos fragmentos son más grandes y retienen su inserción de tejidos blandos. Éste es un caso especial de fractura oblicua, en que la línea de la fractura se curva alrededor de la diáfisis. ^{8, 46}
- Conminutas, cuando en la zona de fractura hay destrucción y el tejido óseo se separo en múltiples partículas. ^{3 4 41 46 53}

Según la clasificación de las fracturas encontramos las siguientes (Fig. 19):

a) Según su localización.

Difisiarias.

Epifisiarias.

Intraarticulares.

Corporales (cuerpo vertebral, cuerpo del astrálogo, cuerpo del calcáneo).

Cervicales (cuello de fémur, de húmero, de radio etc.)

Apofisiarias.

b) Según el trazo de la fractura.

Transversales.

Oblicuas.

Longitudinales.

En pico de flauta.

Espiroidales o helicoidales.

c) Por la relación que existe entre los fragmentos.

Desplazadas.

No desplazadas.

Cabalgadas.

Impactadas.

d) Según los ejes de los fragmentos.

Anguladas.

No anguladas.

Rotadas.

e) Según la acción de la presión o torsión.

Por flexión.

Por compresión.

Por tensión.

Por arrancamiento.

Por impacto directo.

f) Según el grado de lesión.

Fractura incompleta.

Fractura completa.

g) Fracturas multifragmentadas.

Fracturas en cuña.

Cuñas reducibles.

Cuñas no reducibles.

Fractura múltiple o segmentada.

Fracturas Extraarticulares.

Fracturas Articulares Parciales.

Fracturas Articulares Completas. 3

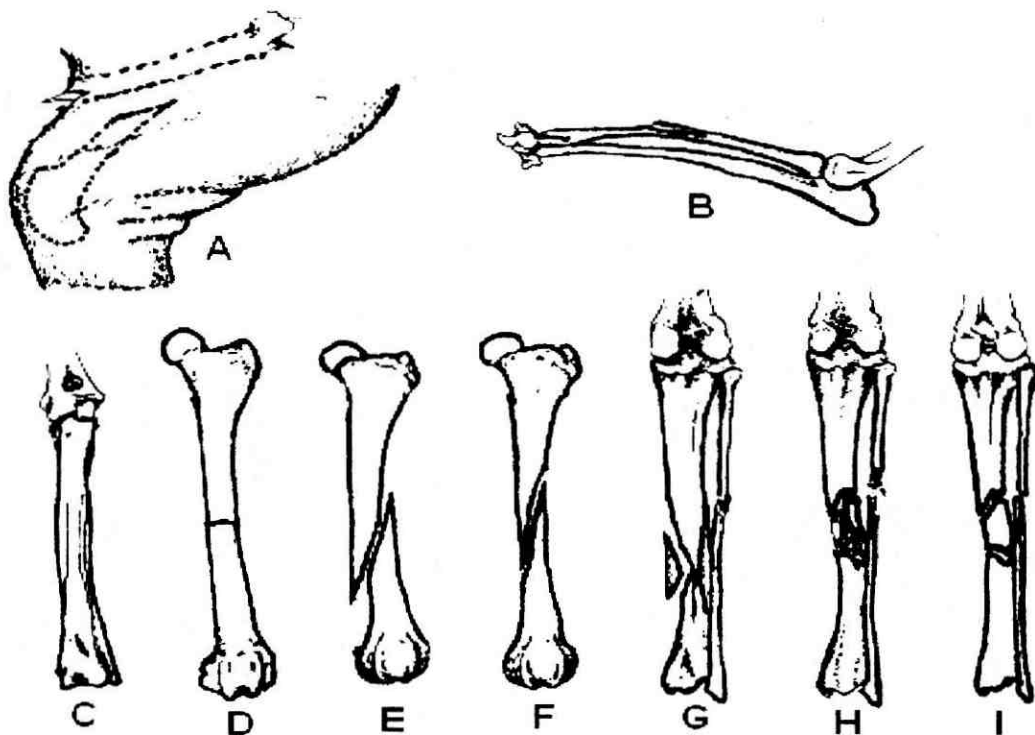


Fig. 19.- Nomenclatura descriptiva de fracturas diafisarias. Abierta (A). En tallo verde (B). En fisura (C). Transversa (D). Oblicua (E). Espiral (F). En cuña reducible (G). En cuña no reducible (H). Múltiple o segmentada (I).⁸

11.2. Mecánica De Las Fracturas.

Un importante punto a recordar es que la resistencia de una estructura a la torsión y a la flexión esta determinada por la resistencia del material y por el MIT y por el MIP.¹⁰

La mayoría de las fracturas implican del modo principal al hueso cortical. La manera en que la diáfisis de la cortical se rompe viene determinada por el tipo de fuerza y el grado en que esta se ha aplicado. Se necesita mucha menos fuerza para romper un hueso si se aplica lentamente y durante un largo período que si se aplica en forma rápida. El hueso resiste mejor una aplicación rápida de una fuerza mucho mayor. Sin embargo, esta fuerza es almacenada y cuando el hueso no puede resistir más y finalmente se rompe, se disipa en una forma explosiva y causa considerable daño a la envoltura de los tejidos blandos.^{10 12 46}

Cuando una carga se aplica relativamente lenta, la fractura empieza en el punto mas debió del material. Cuanta más energía se aplica al hueso, la línea de fractura sigue por el camino más débil a través del material. Se produce una sola línea de fractura y su configuración esta influida por el tipo de carga aplicada y por cualquier debilidad inherente de la estructura. Sin embargo, si la carga se aplica rápidamente al hueso, la energía almacenada en la estructura puede causar múltiples lugares de rotura de material. A medida que estos van convirtiéndose en líneas de fractura, la gran cantidad de energía que se aplica rápidamente a la estructura puede disipada en múltiples direcciones, y no necesariamente a lo largo del plano más débil. En la situación clínica, el tratamiento de alta energía se asocia con un lato grado de facturación. Por lo tanto, las fracturas como resultado de una compresión pura son raras y ocurren sólo en las áreas de hueso esponjoso con una delgada cubierta cortical.^{10 46}

XII. PRINCIPIOS BASICOS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS FRACTURAS.

Cada aspecto del tratamiento de las fracturas esta influido por fuerzas intrínsecas y extrínsecas. Por lo tanto, es especial para el éxito de la ortopedia apreciar la naturaleza mecánica del arte de la reparación de fracturas, así como entendimiento de los aspectos biológico del tejido y de su respuesta al tratamiento. No hay implantes ni técnicas perfectas en medicina veterinaria; ventajas, desventajas y ciertos riesgos son comunes a todos ellos.^{10 13}

Siendo que un diagnóstico completo permite las consideraciones de las opciones de tratamiento. Debe tomarse en cuenta:

- Tipo y localización de fractura.
- Edad, tamaño y función del paciente.
- Tipo y calidad del hueso implicado.
- Implicación de superficies articulares

- Fracturas abiertas o cerradas.
- Fracturas únicas o múltiples.
- Implicación de una única o de múltiples extremidades.
- Implicación de otros tejidos (tejido nervioso, etc.).
- Magnitud y dirección de las fuerzas que actúan en el lugar de la fractura.
- Experiencia del cirujano.
- Necesidades y recursos del propietario.
- Equipo disponible.

Consejo práctico.

Suele ser una buena práctica tener varias opciones de tratamientos disponibles. En casos de fracturas difíciles o de grandes expectativas del propietario, hay que considerar el remitir al paciente a un centro de cirugía especializada del exterior.¹⁰

La disposición estructural del hueso (como material) tiene tanto componentes microscópicos como macroscópicos. Cuando se considera el tratamiento de las fracturas, los dos tipos primarios de hueso son el cortical y el esponjoso. La incapacidad a largo plazo después de una fractura casi nunca es el resultado del daño óseo mismo, sino del daño de los tejidos blandos y la rigidez de las articulaciones vecinas.^{10 46}

Los principios del tratamiento de una fractura los ha desarrollado muy bien el Grupo AO/ Vet. y son los siguientes:

- Reducción anatómica de los fragmentos de fractura (esencialmente en las fracturas articulares).
- Fijación estable en una situación biomecánica y clínica.
- Conservación del flujo sanguíneo de los fragmentos óseos y de los tejidos blandos circundantes, mediante una reducción no traumática.
- Movilización rápida, activa e indolora de los músculos y articulaciones adyacentes a la fractura para evitar el desarrollo de la enfermedad de la fractura y además activa la fijación interna.
- El método indicado según el tipo de fractura.^{13 18 21 30}

En la Fijación biológica lo principal es proteger los tejidos blandos y el flujo sanguíneo de los fragmentos de fractura. Esto significa que la reducción anatómica en sentido de reconstrucción total de líneas de fractura sólo se exige en fracturas articulares o de caña tratadas con compresión interfragmentaria, mediante tornillos cerclajes o placas de compresión o neutralización.^{6 38}

La reducción operatoria de la fractura y la fijación sin movimiento mediante implantes permite el movimiento libre inmediato de las articulaciones y el mantenimiento óptimo de la anatomía en especial donde las superficies articulares son congruentes.⁶

Cuando lo que queremos es una osteosíntesis puente la osteosíntesis debe de ser tan fuerte como sea necesario para permitir la formación de un callo de fractura. No sólo es probable que ocurran pequeños movimientos interfragmentarios sino que son deseables para que se forme callo. Este va a tener un papel activo a la hora de estabilizar la fractura y además proteger a la fijación interna de la sobrecarga mecánica y el fallo de la fijación.⁴²

En cambio el concepto de técnica no traumática ha cobrado mayor importancia tras el empleo de estrategias de "osteosíntesis puente" especialmente a lo que se refiere a la conservación del flujo sanguíneo de los fragmentos óseos. En todo caso el aporte de la fijación interna suficientemente fuerte para permitir una movilización rápida indolora del animal ha tenido siempre especial importancia para el cirujano veterinario ortopeda.⁴²

Cuando se ha realizado una fijación interna, la "calidad" de la operación tiene una repercusión directa en la consolidación. La forma como se manipule el tejido blando y el hueso afecta a la reacción perióstica, la interferencia con la irrigación sanguínea retrasa significativamente la consolidación y el método de reparación determina el tipo de proceso de consolidación esperado.¹

12.1. Elección Del tratamiento.

El implante debe proveer la estabilidad necesaria para que el callo permita el crecimiento de os vasos sanguíneos, necesarios para mantener la actividad celular mientras el proceso de reparación está presente. El rango de estabilidad afecta directamente al tamaño del callo, ya que las fracturas inestables tienden a formar callos muy prominentes, mientras que las estables se reparan de una manera directa, con una formación mínima de callo. ^{21 27 46}

a) La Fijación.

La elección del método de fijación es de acuerdo al tipo y localización de la fractura, tamaño, temperamento y edad del animal, el grado de cooperación del propietario y los factores económicos. ^{13 21 27}

La consolidación ósea, facilita la reconstrucción de la envoltura de los tejidos blandos, reduce la infección, acelera la velocidad de rehabilitación y, por último, tiene una mejor función. Cualquier fijación debe mantener la alineación y longitud axial, y ofrecer estabilidad rotatoria por lo cual se reduce el grado de infección. ^{18 32 42 46}

b) El Implante.

Un implante puede funcionar como un dispositivo de compresión, un dispositivo de alineación, o como un sistema del contrafuerte. ⁵

Aunque en el pasado se consideró que las fracturas expuestas eran una contraindicación absoluta para el enclavado endomedular por la elevada incidencia de sepsis y mayores dificultades en erradicar la osteomielitis endostial, algunos estudios recientes mostraron que la técnica es tan efectiva y segura como otros métodos en casos muy seleccionados. ⁴⁶

12.2. Inmovilización (fijación).

La inmovilización consiste en la fijación de los fragmentos óseos, de forma que estén privados de movilidad entre ellos durante el proceso de cicatrización. Los objetivos son estabilizar los fragmentos y evitar desplazamiento, angulación y rotación. Idealmente, el método debería comprender: (1) conseguir una estabilidad ininterrumpida en el momento de la operación quirúrgica original, (2) permitir una ambulancia rápida, y (3) permitir el empleo del mayor número de articulaciones durante el proceso de cicatrización. Las peculiaridades de cada fractura influirán sobre el método de inmovilización que se emplee. Algunas fracturas aceptan diversos métodos, mientras que en otras, éstos son muy limitados para conseguir un resultado satisfactorio.⁸

12.3. Métodos De Fijación.

Los métodos de fijación pueden clasificarse de la siguiente forma:

1. Fijación externa o entablillado de la extremidad, (férulas de coaptación, escayolas, férula de Thomas modificada, vendajes).
2. Fijación interna o entablillado del hueso, (clavo intramedular, fijador esquelético externo, placas para hueso).
3. Compresión, (tornillo tirafondo, alambre de Cerclaje / interfragmentario, alambre de banda de tensión, placa de banda de tensión / compresión).⁸

12.3.1. Fijación externa o reducción indirecta.

La fijación externa o coaptación externa es un método que se emplea para la inmovilización de un miembro o de una región anatómica durante el tratamiento temporal o permanente en las alteraciones óseas, musculares, ligamentarias o de la piel, y que se basa en la aplicación de férulas y vendajes. También se les conoce como métodos de coaptación, por que su elaboración y colocación trata de adaptarse a la forma de la extremidad.^{10 18 42}

Las férulas y escayolas proporcionan inmovilización de los extremos de la fractura mediante recubrimiento de la extremidad, no contactan directamente con el hueso

y, por lo tanto, deben actuar a través de la piel y de los músculos de la extremidad. El material de la escayola o de la férula es la porción más rígida y debe construirse con la suficiente resistencia para soportar las fuerzas que se generan durante el tiempo que es aplicado.¹⁰

El cirujano debe, por lo tanto, juzgar la cantidad correcta de acolchado y la presión de las vendas de la escayola que evite la lesión del tejido blando, pero que proporcione inmovilización adecuada de los fragmentos de la fractura.¹⁰

La reducción indirecta es la reducción de una fractura con medios de tracción. En las fracturas tratadas con métodos cerrados es el principal método de reducción segura. La reducción de los fragmentos sigue por la aplicación de una fuerza externa y por la inserción de tejidos blandos de los fragmentos.⁴⁶

Las técnicas de reducción indirecta son muy importantes porque no sólo ayudan a preservar el aporte vascular al hueso, sino que también hacen que la reducción sea más fácil y, por lo tanto, más segura. Sin embargo debe recordarse que la reducción indirecta sola no producirá la consolidación.⁴⁶

a) Indicaciones Para La fijación externa.

Hay que considerar las fuerzas que actúan sobre el hueso y de qué manera el sistema de inmovilización propuesto las neutralizará: angulación o doblamiento, rotación (cizallamiento), de acortamiento o superposición (cizallamiento) y distracción.⁸

Las siguientes situaciones están indicadas para el uso de la escayola o férula:

- Fractura cerrada por debajo del codo o la rodilla. En la figura 20; a', b', c' y d', se indica la longitud de la escayola/férula necesaria en casos de fracturas en las zonas a, b, c y d.
- Fracturas que admiten una reducción cerrada como se ha descrito anteriormente.

- Fracturas en las que el hueso estará estable después de una reducción en relación con las fuerzas de acortamiento o distracción; se clasifican como fracturas de tipo A o B.
- Fracturas en las que se espera que el hueso cicatrice lo suficientemente rápido para que la escayola/férulas no causen rigidez articular o atrofia muscular graves (enfermedad por fractura).

Indicaciones específicas:

- Fracturas en tallo verde.
- Fracturas de huesos largos en animales jóvenes en los que la cubierta perióstica está casi intacta.
- Fracturas con impacto.⁸

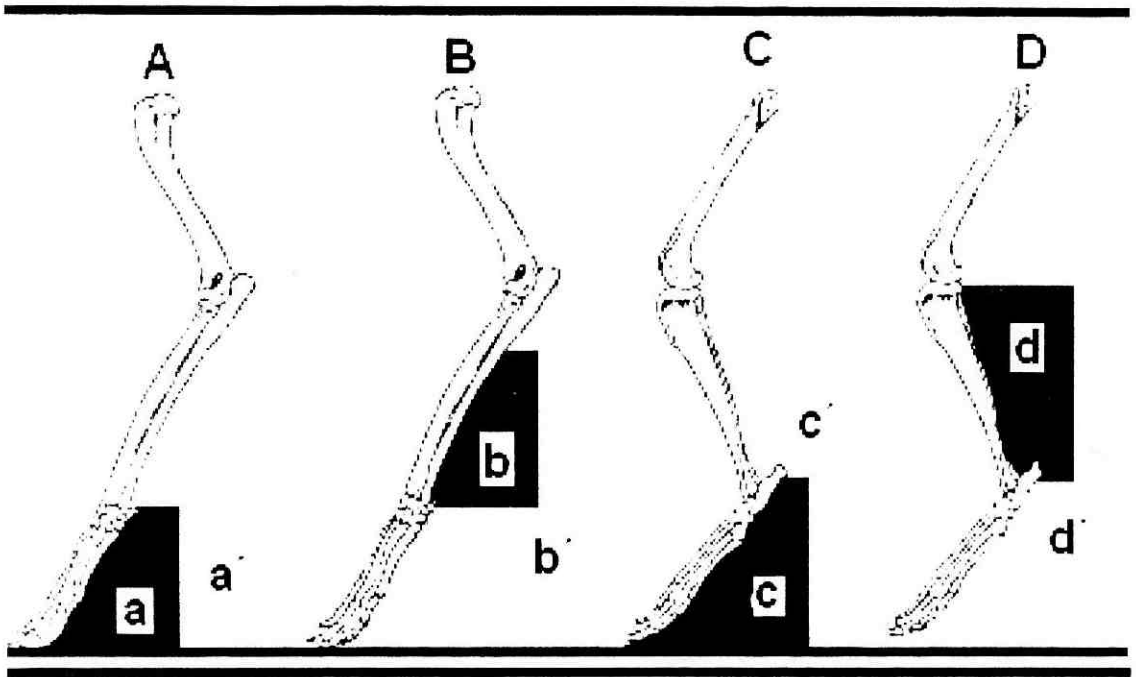


Fig. 20.- La longitud óptima de la escayola o férula para las fracturas indicadas en las áreas oscuras se muestra por la longitud señalada en las áreas claras correspondientes.⁸

b) Consideraciones Generales para la fijación externa.

Cuando se emplea una férula o escayola de coaptación hay que tener en

cuenta los siguientes aspectos:

- Almohadillado.

Si se realiza una reducción cerrada, no suele cortarse el pelo. Debe aplicarse un almohadillado ligero (de escayola, tela, algodón, guata, fieltro) para proteger los tejidos blandos, con especial énfasis en las prominencias óseas.⁸

- Fijación.

La sujeción de la escayola, o férula evita que se mueva sobre la extremidad. Ésta indicada especialmente cuando la extremidad está hinchada cuando se aplica una escayola. Puede realizarse usando cinta adhesiva y moldeando la escayola al perfil de la extremidad.⁸

- Radiografías.

Hay que controlar radiográficamente la reducción antes y después de aplicar cualquier método y, de nuevo, unos días después.⁸

- Extensión.

Distalmente, se pueden cubrir los dedos o, mejor, se pueden dejar expuestos los dos dedos centrales.⁸

- Tolerancia del paciente.

Normalmente, las férulas de coaptación se toleran razonablemente bien; si cumplen su misión, la escayola se mantiene seca y la actividad se mantiene limitada. Los signos de complicaciones incluyen dolor, aumento de temperatura, hinchazón, edema, entumecimiento, mal olor, cianosis de los dedos, pérdida de apetito, depresión sistémica, áreas irritadas y mordedura de la escayola.⁸

c) Principales Métodos De Fijación Externa.

- Entablillado Temporal.

Si, por alguna razón, se produce un retraso en la reducción y la fijación, puede estar indicado el entablillado temporal de la extremidad (p. Ej., vendaje de Robert-Jones, férula de coaptación, férula de Thomas), para reducir un nuevo traumatismo. Esto es especialmente cierto en el caso de fracturas distales respecto al codo y a la rodilla. En la mayoría de las otras fracturas, el animal está más cómodo simplemente permaneciendo en reposo y con una sedación o anestesia ligera. El objetivo en la mayoría de las fracturas es conseguir una rápida reducción y fijación.⁸

- Férulas De Coaptación Y Escayolas.

Las escayolas externas, las férulas y los vendajes suelen denominarse sistemas de fijación de coaptación. Esto se consigue sencillamente inmovilizando los músculos, como en el caso de un vendaje, o transmitiendo fuerzas de compresión sobre las estructuras óseas, por medio de los tejidos blandos interpuestos, como en el caso de las escayolas o férulas. Esta presión debe distribuirse uniformemente a través de la escayola o férula para evitar éxtasis circulatorio o hinchazón.⁸

- ✓ Férula de tipo Shreder – Thomas.

Este tipo versátil de férula se ha empleado ampliamente para inmovilizar las fracturas (Fig. 21). Se precisa mucha destreza para realizar un entablillado funcional, bien tolerado y eficaz. En el pasado se empleo mucho. Pero ha sido sustituida por las escayolas y férulas moldeables. A pesar de ello, sigue siendo útil para los profesionales que tengan práctica en la técnica.⁸

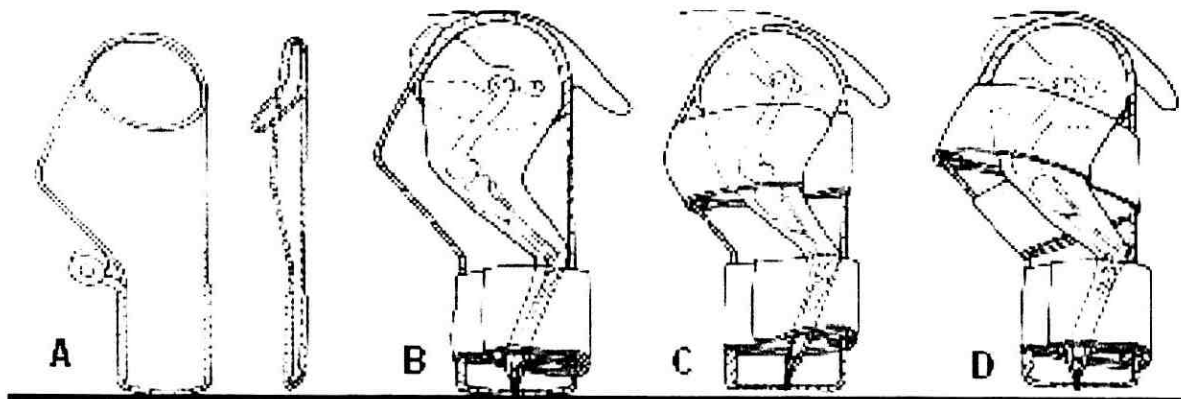


Fig. 21.- Aplicación correcta de la férula de Thomas.33

✓ Vendaje de Robert – Jones.

Este vendaje muy almohadado es muy versátil, útil no sólo para conseguir una inmovilización distal al codo o la rodilla, sino también para disminuir o evitar la reducción de edema. Se tolera bien, pero debido a la gran cantidad de algodón que se emplea, puede absorber mucho agua y causar maceración de la piel o contaminación de las incisiones quirúrgicas. Suele emplearse normalmente en casos de inmovilización a corto plazo. Puede obtenerse una rigidez adicional añadiendo al vendaje una estructura de alambre o una férula moldeable (Fig. 22).⁸

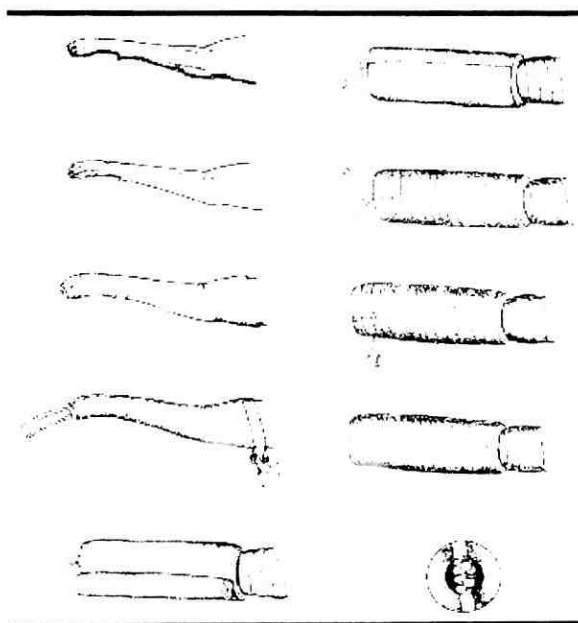


Fig. 22.- Metodología de aplicación para el vendaje de Robert Jones.⁴⁵

12.3.2. Métodos de fijación interna.

La fijación interna estable restaura la capacidad de soporte de carga de un hueso. Esto disminuye en gran medida el estrés provocado por el implante y protege a este de la sobrecarga mecánica o del fracaso por fatiga.^{18 46}

La reducción indirecta es la reducción de una fractura con medios de tracción. En las fracturas tratadas con métodos cerrados es el principal método de reducción segura. La reducción de los fragmentos sigue por la aplicación de una fuerza externa y por la inserción de tejidos blandos de los fragmentos.^{18 46}

Mucho antes de que fuera posible en la práctica se preconizaban las ventajas de mantener los fragmentos de la fractura en aposición mediante medios mecánicos. La introducción de la cirugía aséptica y de la radiografía permitió el desarrollo de tales técnicas, aun que no fueron aceptadas inmediatamente.^{10 21}

Los implantes antiguos eran similares a los de hoy en día, pero la experiencia ha llevado a cambios en su diseño, en los materiales y en el método de inserción.¹⁰

El éxito de la curación de una fractura se debe más probablemente más a una circulación regional suficiente que a cualquier otro factor.¹¹

Los dos factores más importantes a considerar durante los procedimientos de fijación interna son:

1. Minimizar cualquier lesión adicional o contaminación de un área ya traumatizada.
2. Proporcionar un ambiente óptimo en el que la curación del hueso fracturado pueda ocurrir.⁹

Después de la reducción abierta y la fijación interna tiene lugar una especie de "carrera" entre la velocidad de curación y la velocidad de la pérdida de fijación. La unión se produce por lo general antes de la pérdida de fijación o del fracaso del

implante, cuando el paciente, la fractura, el implante y la técnica están debidamente equilibrados, es necesario llegar a un compromiso entre movilización e inmovilización. ¹¹

La fijación interna debe proporcionar una fijación anatómica rígida y el retorno temprano de la función. La infección, disminución del suministro de sangre y el daño neurológico puede ocurrir durante la cirugía. En el caso de la reducción cerrada de la fractura se asegura un buen suministro de sangre a los tejidos circundantes a la fractura. ²⁷

Las condiciones mecánicas resultantes de la fijación interna son de una magnitud diferente de las que se analizaron en relación a la cicatrización espontánea y a la unión ósea luego del tratamiento conservador. ⁶

Hoy el tema dominante en la fijación de las fracturas de la diáfisis es la biología del hueso y la conservación del aporte vascular a los fragmentos óseos. La estabilidad absoluta no es más que el objeto de la fijación interna. ⁴⁶

En años recientes, ha habido un resurgimiento del interés en la fijación intramedular, en gran parte debido a la sofisticación de las técnicas de cerclaje y a la combinación de clavos y alambres con aparatos de fijación esquelética externa. ⁹

La reducción de fracturas diafisarias de huesos largos en perros y gatos se puede lograr mediante la colocación de un clavo intramedular y para evitar las fuerzas rotacionales que actúan sobre la línea de fractura se han utilizado los siguientes aditamentos:

1. Cerclajes y Hemicerclajes.
2. Fijación Esquelética Externa.
3. Tornillos Ortopédicos.
4. Clavo Intramedular Bloqueado (CIB). ^{6 51}

a) Principales Clavos Utilizados En La Fijación Interna.

Existen numerosos clavos intramedulares (IM) disponibles con varias clases de puntas. Los clavos redondos (de Steinmann, alambres de Kirschner) son los más empleados comúnmente. ^{8 13}

Los clavos deben soportar las fuerzas de incurvación, rotación y acortamiento. La resistencia de la incurvación depende de la longitud del contacto íntimo entre los dos tubos. Por lo tanto, el clavo introducido sin fresado tendría contacto sólo sobre un área pequeña en el istmo y en teoría podría incurvarse con el punto de apoyo en el istmo y la amplitud del desplazamiento correspondiente a la distancia entre el clavo y el endostio de cada extremo. ⁴⁶

- Clavos Interlocking (Bloqueados o cerrojados).

Un clavo bloqueado es, básicamente, un clavo intramedular asegurado en su posición por tornillos que lo atraviesan proximal y distalmente, que fijan el hueso al clavo para ofrecer estabilidad de torsión y axial. Un clavo acerrojado es una especie de placa intramedular. Es un clavo de Steinmann que se fija a la cortical del hueso mediante tornillos gracias a que el clavo contiene una serie de orificios (Fig. 23). Este hecho ha solventado las dos principales complicaciones de los clavos intramedulares: la rotación del hueso y la migración del clavo. Desde la década de los noventa ha ganado popularidad y hoy en día es considerado como un método de fijación igual o superior a las placas de osteosíntesis (ambos sistemas anulan todas las fuerzas que actúan sobre la línea de fractura). La posición céntrica del clavo en el hueso, es una ventaja con respecto a las placas de osteosíntesis. ^{8 14 42}

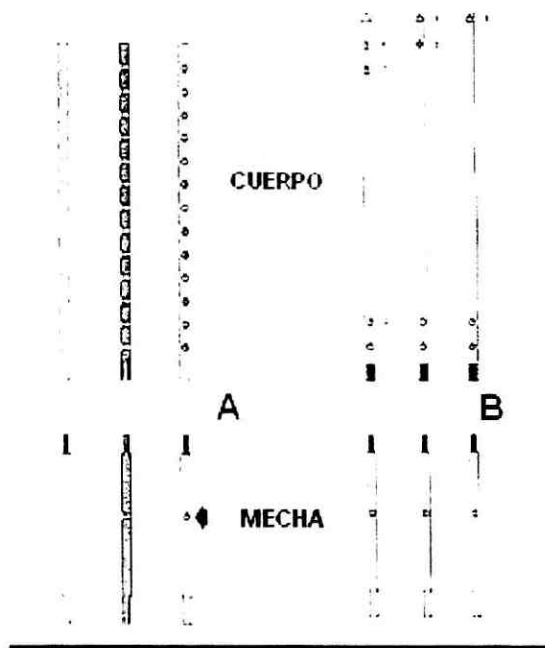


Fig. 23.- Principales tipos de clavos interlocking, el de orificios continuos (A) y el de cuatro orificios (B).¹³

Existen dos modelos de clavos, el de orificios continuos y el de 4 orificios. Todos los clavos se componen de 2 piezas (cuerpo y mecha) enroscadas la una en la otra a una determinada presión. La mecha contiene un orificio que sirve para fijar la guía externa. Los clavos van desde el diámetro de 4.0 mm hasta el de 9.0 mm. En los gatos se utilizan solo los de 4 y 5 mm. Con el modelo de orificios continuos, debemos cortar con una cizalla su longitud para adaptarlo en cada caso de acuerdo con la imagen radiológica.^{14 42}

La selección del diámetro del clavo y la técnica quirúrgica son los dos factores más importantes para conseguir el éxito en el tratamiento de las fracturas mediante clavos cerrojados. Los clavos de 4 orificios obviamente ofrecen mayor resistencia que los clavos de orificios continuos. Sin embargo con una técnica adecuada, los de orificios continuos pueden ser utilizados en todo tipo de fracturas y son más versátiles al poder insertar los tornillos a diferentes niveles del hueso y

nos permite una inversión más reducida ya que la longitud del clavo la adaptamos mediante el corte con una cizalla. ¹⁴

Los resultados funcionales y de consolidación ósea demuestran que es un excelente método de fijación en el tratamiento de las fracturas de fémur y húmero, mientras el diámetro sea al menos de 6mm. ^{18 14}

Las fracturas diafisarias de huesos largos son las que mejor responden al enclavamiento intramedular acerrojado mientras que en las fracturas de los extremos óseos precisan una fijación con tornillo de tirafondo y la colocación de una placa. ³⁰

Ventajas e inconvenientes de los clavos interlocking. ¹⁰

VENTAJAS.

Resisten bien las fuerzas de flexión debido a la localización en el eje neutral del hueso.
Resisten bien la rotación, la distracción y el cizallamiento debido a la función interlocking.
Curación de la fractura relativamente fácil de conseguir.

INCONVENIENTES.

Difíciles de insertar y eliminar.
Equipo especial y entrenamiento necesario.

Indicaciones y contraindicaciones de los clavos interlocking. ¹⁰

INDICACIONES.

Fracturas diafisarias de los huesos largos.
Fracturas gravemente conminutas no reducibles.

CONTRAINDICACIONES.

Fracturas abiertas o infectadas.
Fracturas metafisarias o articulares.
Fracturas por avulsión.
Cualquier fractura en la que no se pueda insertar el clavo con seguridad (por ejemplo el radio).

- Clavos De Rush.

Estos clavos suelen estar disponibles en diámetros de 1.5 mm a 6.6 mm. El último es demasiado ancho para cualquier aplicación en animales pequeños; los de 2.4 mm y de 3.2 mm son los tamaños más útiles en perros. Los clavos se disponen en una variedad de longitudes proporcionales a su diámetro, pues no pueden cortarse en la mesa quirúrgica. Son un tipo de agujas cruzadas intramedulares dinámicas, la mayoría se utilizan para fijar las fracturas de los cóndilos femorales distales (Lawson, 1959; Campbell, 1976). Se fabrican según los requerimientos, utilizando los tamaños adecuados de agujas de Kirschner o con agujas de Steinmann pequeñas de acuerdo a las siguientes normas:

1. Las agujas no deben exceder un tercio de la anchura del canal medular.
2. Deben ser aproximadamente tres veces la longitud del fragmento más pequeño.
3. Un extremo debe tener una punta de tipo "sledge – runner".
4. El otro extremo debe tener un gancho.
5. La aguja en su totalidad está ligeramente curvada.¹⁰

Mientras que los clavos de Steinmann actúan como férulas intramedulares pasivas, sin producir ninguna fuerza mecánica sobre el hueso, los clavos de Rush son como férulas intramedulares dinámicas, pues provocan fuerzas de compresión continua en dos o tres puntos sobre el hueso, porque se flexionan al introducirlos. Esta flexión está inducida al introducir el clavo en un ángulo de alrededor de 20 grados respecto al eje longitudinal del hueso, en lugar de sobre el eje longitudinal, como ocurre con el clavo de Steinmann.^{8 42}

Como estos clavos se emplean a menudo a pares y se cortan previamente, merece la pena, aunque no es absolutamente necesario, tener un par de clavos. El otro equipo especial necesario para usar los clavos de Rush es un martillo que se utiliza para ajustar el clavo.⁸

El uso de clavos de Rush en fracturas diafisarias en perros y gatos no se ha

evaluado convenientemente (Fig. 24), aunque autores los han empleado desde hace tiempo en lugar de los clavos de Steinmann, obteniendo buenos resultados en fracturas de tibia. La aplicación principal de esos clavos es en fracturas proximales o dístales, donde la configuración doble del clavo ofrece una buena estabilidad.⁸

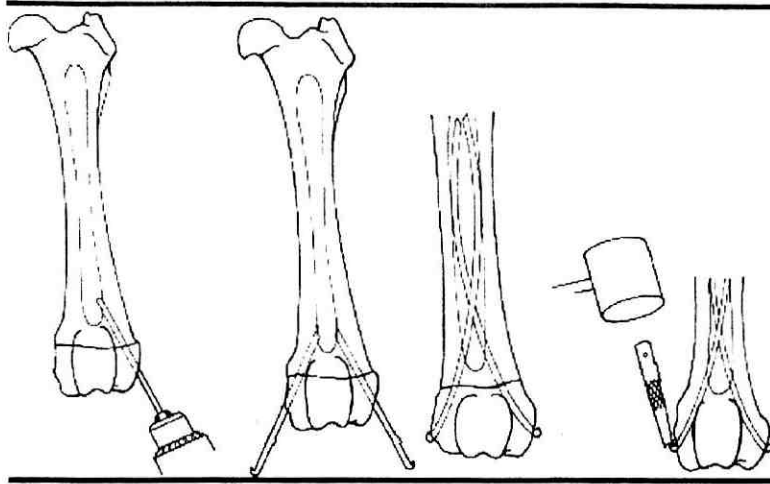


Fig.24.- Técnica intramedular empleando clavos de Rush.³³

Ventajas e inconvenientes de los clavos de Rush.¹⁰

VENTAJAS.

Resisten bien las fuerzas de flexión debido a la localización en el eje neutral del hueso.
 Resiste bien la rotación debido al efecto de carga del muelle.
 Curación de la fractura relativamente fácil de conseguir.

INCONVENIENTES.

La técnica de inserción necesita práctica.
 Utilidad limitada al fémur distal.

Indicaciones y contraindicaciones de los clavos de Rush.¹⁰

INDICACIONES.

Fracturas del condilo femoral distal
 Otras fracturas metafisiarias seleccionadas

CONTRAINDICACIONES.

Fracturas abiertas o infectadas.
 Fracturas por avulsión.
 Fracturas conminutas.

- Clavos De Steinman.

Estas agujas son varillas sólidas de acero, circulares en sección. Están disponibles en tamaños de 1,6 – 8 mm de diámetro y 300 mm de longitud, y por lo general tienen puntas de trócar en cada extremo. Un extremo puede tener rosca, lo que puede reducir la migración de la aguja. ¹⁰

Los clavos de Steinmann son los dispositivos tradicionalmente mas usados en las fracturas diafisarias. Estos pueden ser introducidos en la cavidad medular femoral por forma retrograda, es decir, la inserción en el sitio de fractura hacia el fémur proximal y otra forma de insertar los clavos es la forma normograda, esta inserción es a través de la fosa trocantérica. Un clavo de Steinmann, proporcionara solamente fijación en las fracturas transversas o dentadas y oblicuas cortas. Un solo dispositivo en la cavidad medular no será capaz de prevenir los movimientos de rotación; por lo tanto la forma de la fractura debe mantener la estabilidad en los movimientos de rotación. Cuando se emplea sin ninguna fijación auxiliar, la lista de indicaciones es bastante corta:

Fracturas estables que no tienen tendencia al acortamiento o rotación axial. Se trata principalmente de fracturas de tipo A con un grado de paciente con fractura elevado.

En animales de esqueleto inmaduro, especialmente en cachorros y gatitos de menos de 4 meses de edad, las fracturas de tipo B y algunas de tipo C pueden tratarse satisfactoriamente debido a la rápida formación de callo observada en estos animales.

Cuando se emplea en combinación con una fijación auxiliar, se puede tratar prácticamente todo tipo de fracturas, aunque en las de tipo C con un grado de paciente con fractura bajo no es tan eficaz como otros métodos de fijación. ^{8, 32}

La fijación con clavos de Steinmann puede realizarse mediante un método abierto

o cerrado. La técnica cerrada está restringida a fracturas simples, las que tienen un origen reciente y las que pueden reducirse fácilmente. El último caso depende del tamaño del animal, el tiempo transcurrido desde la lesión y la experiencia del cirujano.⁸

- Aguja De Kirschner.

Tanto los clavos de Steinmann como los alambres de Kirschner (alambres – K; clavos similares a los de Steinmann, pero de menor diámetro: de 0.9 a 1.5 mm.) son circulares en sección transversal y lisos y con rosca total o parcial de modelo negativo. Los diámetros de los clavos de Steinmann varían de 1.5 a 6.5 mm. Son agujas sólidas de acero de 0,9 – 2 mm de diámetro. Puedan tener una punta de trócar o de bayoneta. Las agujas de artrodesis son las más útiles y tienen una punta de trócar en cada extremo.^{10,8, 42}

12.3.3. Compresión.

La compresión interfragmentaria ayuda a la estabilidad esta es prevista por la contracción muscular y compresión causada por el peso. Si la fractura es inestable o conminuta entonces el peso puede afectar ocasionando colapso axial de la fractura. En estas ocasiones se requiere de ayuda con algún tipo de soporte, como puede ser:

1. Los cerclajes y hemicerclajes que actúan como fijación auxiliar al clavo intramedular no son eficientes, para neutralizar las fuerzas de rotación que se ejercen sobre la línea de fractura.⁵¹
2. Los tornillos ortopédicos interfragmentarios solo son aplicables para perros de gran talla, ya que el canal medular esta ocupado por el clavo intramedular donde obligatoriamente tiene que atravesar dichos tornillos.

27 51

a) Alambre de cerclaje.

El término cerclaje significa ceñir o envolver en un haz. Se refiere a un

alambre flexible que pasa total o parcialmente alrededor de la circunferencia del hueso y luego se aprieta para ofrecer compresión interfragmentaria estática sobre los fragmentos de hueso. El último método se conoce también como semicerclaje. El alambre de cerclaje o de semicerclaje nunca se emplea como el único método de fijación de cualquier tipo de fractura diáfisaria. Estos alambres se usan en fracturas largas oblicuas, espirales y en algunas conminutas, o en fracturas múltiples. Se emplea como fijación auxiliar con clavos intramedulares, fijadores esqueléticos externos y placas de hueso. Se usan intraoperatoriamente para ayudar a mantener los segmentos de la fractura en la posición reducida, mientras que se aplica la fijación primaria.⁴²

b) Alambre Interfragmentario.

Esta técnica se utiliza normalmente para prevenir la rotación de fracturas cortas oblicuas o transversas, para asegurar fragmentos óseos y para estabilizar fracturas con fisuras. Es la forma de fijación interna menos segura y resistente, y no debe usarse para una estabilidad prolongada cuando esté sometido el hueso a fuerzas de carga dinámicas elevadas.⁴²

c) Alambre de Banda de Tensión.

Según el principio de banda de tensión, las fuerzas de distracción activa son contrarrestadas y convertidas en fuerzas compresoras. Las fuerzas tensoras que ejercen los músculos de contracción sobre las fracturas como las que afectan a la apófisis del olécranon, trocánter mayor, tuberosidad calcánea o la tuberosidad separada de la tibia se pueden vencer y convertir en fuerzas compresoras mediante la inserción de alambres-K y un alambre de banda de tensión.⁴²

d) Tornillos para huesos.

Existen dos tipos básicos de tornillos para huesos: esponjoso y cortical (Fig. 25). En cirugía veterinaria los tornillos para hueso suelen emplearse para ofrecer compresión interfragmentaria estática o sobre la placa. La compresión interfragmentaria se produce cuando la cabeza del tornillo se apoya en la primera

corteza y las roscas del tornillo ocupan sólo la segunda corteza. ⁴²

La coaptación externa se combina a veces con la fijación intramedular, pero debería ser solamente necesaria en la fijación intramedular de los huesos metacarpianos y metatarsianos; en fracturas de huesos largos carece del principal objetivo de la fijación interna (esto es, recuperación rápida de la función de la extremidad). ⁴²













Tornillo	-Tipo -Diámetro (mm)	Cortical				Semi esponjoso	Cortical	Cortical	Esponjoso
		1.5	2.0	2.7	3.5	4.0	4.5	5.5	6.5
	DIÁMETRO DE BROCA								
	PARA ORIFICIO DE DESPLAZAMIENTO	1.5	2.0	2.7	3.5	Ninguno	4.5	5.5	En hueso duro 4.5
									
	PARA ORIFICIO CON ROSCA								
	DIÁMETRO DE BROCA	1.1	1.5	2.0	2.5	2.5	3.2	4.0	3.2
	MACHO DE ROSCAR PARA	1.5	2.0	2.7	3.5	(4.0)	4.5	5.5	(6.5)

Fig. 25.- Tamaños de tornillos, broca de taladro y macho de roscar. ⁴⁶

XIII. FRACTURAS DE FEMUR.

El fémur canino se mostró poco idóneo para inserción de agujas debido a que su cavidad medular varía en amplitud a lo largo de la longitud, lo que hace difícil alcanzar el contacto adecuado entre hueso y la aguja. En consecuencia, podía producirse la rotación de los fragmentos o incluso la no-unión a menos que se complementara la reparación. Obel (1951) impactaba la medula con dos o más agujas, se pensó que las agujas con extremo en rosca proporcionaban un mejor agarre. La adición de cerclajes o de un fijador externo podía también evitar la rotación. ¹⁰

Los accidentes mas comunes son los atropellamientos por vehículos, los machacamientos por objetos de gran peso, las caídas, los golpes con diferentes cuerpos contundentes, los disparos de armas de fuego.^{3.10 18}

La incidencia de fracturas de fémur representa del 20 al 25% de todas las fracturas en la mayoría de las consultas veterinarias; este porcentaje es superior al correspondiente a cualquier hueso largo. Además, las fracturas de fémur representan el 45% de todas las fracturas de huesos largos, más del doble que en el caso de otros huesos (tabla. 3).⁸

Tabla 3.- Distribución de fracturas en huesos largos basada en 200 casos.¹⁵

	Numero	%
Población.	5,222.	100
Total de pacientes quirúrgicos totales.	156	3.83
Numero de fracturas.	164	
Huesos largos más rotos.		
Radio y Cubito.		28.66
Tibia y Peroné.		28.05
Fémur.		25.
Humero.		18.29
Fracturas cerradas.	150	91.46
Fracturas abiertas.	14	8.54

13.1. Tipo de fracturas de fémur.

Las fracturas femorales (Fig. 26, 27,28 y tabla 4) son las más comunes. En animales inmaduros, la epífisis es la muy débil durante el crecimiento del hueso y, en perros, el fémur distal es el sitio mas frecuente para que se presenten fracturas. Estas fracturas son generalmente el resultado de un traumatismo directo y se acompañan de varios grados de lesión en los tejidos blandos y hematoma. ⁵¹

48 18 21

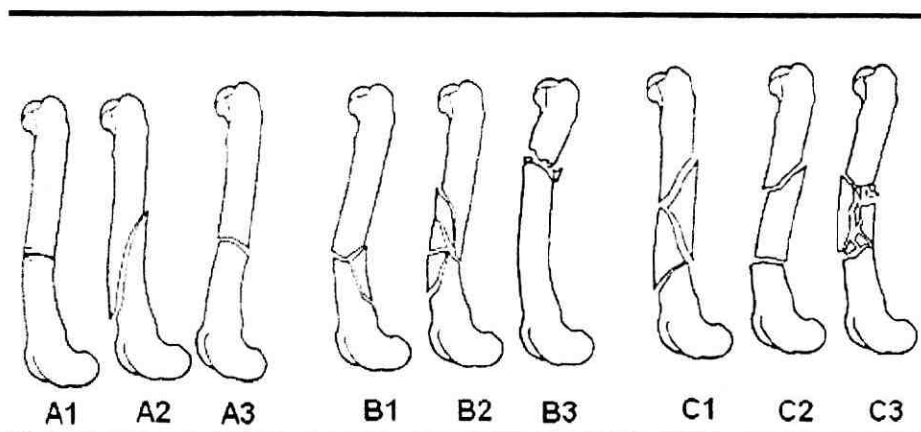


Fig. 26.- Fracturas diafisarias de fémur.⁸

A1. Incompleta.

A2. Oblicua.

A.3. Transversal.

B1. De cuña reducible.

B2. De varias cuñas reducibles.

B3. De varias cuñas no reducibles.

C1. De cuñas reducibles.

C2. Segmentada.

C3. De cuñas no reducibles. ⁸

Las fracturas en la epífisis distal del fémur, son en la mayoría de tipo 1 y 2 de la escala de Salter Harris, estas fracturas ocupan el 37% de las fracturas de fémur. ²

48

Se ha descubierto que las fracturas distales de fémur constituyen del 18.2 al 25.7% (se puede mencionar hasta un 30% por otros autores) del total de las fracturas femorales en perros y gatos. La mayoría de estas ocurren en animales inmaduros e incluyen la placa de crecimiento. ⁴⁷

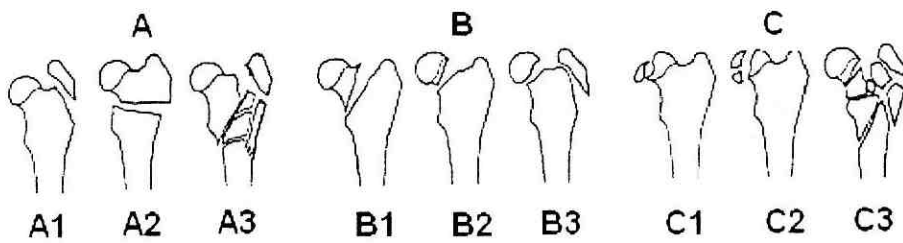


Fig. 27.- Fracturas proximales del fémur.⁸

A1. Con avulsión.

A2. Simple intertrocánterica.

A3. Multifragmentada.

B1. Basicervical.

B2. Transcervical.

B3. Con avulsión trocantérica.

C1. Simple articular.

C2. Multifragmentada articular.

C3. Cervical y trocantérica multifragmentada.⁸

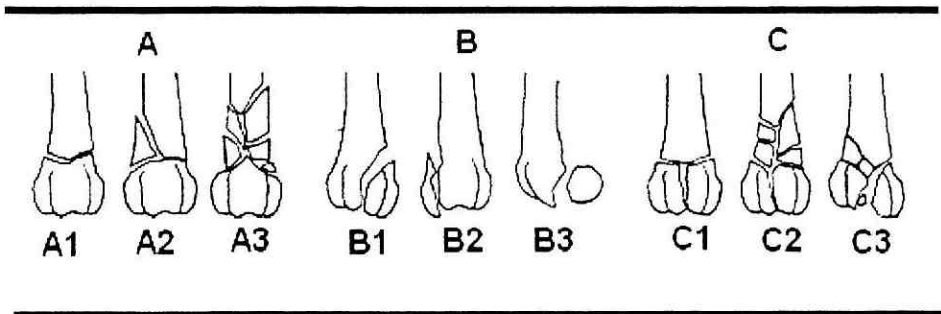


Fig. 28.- Fracturas distales de fémur.⁸

A1. Simple.

A2. En cuña.

A3. Complicada.

B1. Sagital del cóndilo lateral.

B2. Sagital del cóndilo medial.

B3. Unicondilar frontal.

C1. Simple.

C2. Simple, complicada metafisaria.

C3. Multifragmentada.⁸

Las fracturas del fémur distal, cerca de o que incluyen los cóndilos, son frecuentemente reportadas en perros. Los fragmentos dístales pequeños y curvos y la proximidad de la fractura a la articulación hacen que la reducción efectiva de la fractura sea difícil. Por lo tanto, varias técnicas modificadas de fijación con clavos y placas, han sido utilizadas para tratar casos con resultados variables. Algunas de las fuerzas básicas que actúan en el sitio de la fractura incluyen fuerzas de rotación y tensión. Cualquier técnica de fijación utilizada para inmovilizar la fractura debe ser capaz de neutralizar tales fuerzas inherentes para prevenir el movimiento en el lugar de la fractura. ⁴⁷

Actualmente hay muchos estudio biomecánicos para comparar diferentes técnicas para la reparación proximal y tercio medio del fémur, sin embargo la comparación para las diferentes técnicas de fijación para el fémur distal son muy pocas, La reducción eficaz de tales fracturas es difícil debido al pequeño fragmento distal, la proximidad de la fractura a la articulación y a la inclinación caudal del fémur distal. Además, las fracturas metafisiarias y epifisiarias se encuentran más frecuentemente en los animales jóvenes. ^{1 48}

Tabla 4.- Distribución de las fracturas femorales basadas en 1200 casos donde el fémur obtuvo el 23.0% de total de las fracturas.¹

Diáfisis femoral	15.0%
Cuello del fémur.	3.0 %
Cabeza femoral.	5.1 %
Condilos.	3.9 %
Rotula.	0.1 %

13.1. Instrumental Básico Para Reducción de fracturas de fémur.

Para la reducción de fracturas por medio de clavos intramedulares, cerclajes y Hemicerclajes se requiere de un mínimo de equipo, que nos permita manipular adecuadamente los tejidos blandos, los fragmentos y esquirlas de hueso, así como la aplicación eficiente de los implantes.^{26 45}

El instrumental requerido es el siguiente:

Instrumental básico para cirugía general.

- Pinzas de campo.
- Mango de bisturí.
- Pinzas de Allis.
- Pinzas de Hemostasis.
- Tijeras de sutura.
- Tijeras de Metzemaum rectas.
- Portagujas.

Instrumental básico de ortopedia.

- Elevador de periostio.
- Pinzas para huso.
- Pinzas pediátricas para hueso.
- Pasador de alambre.
- Torcedor de alambre.
- Taladro manual de Jacobs.
- Pinzas para cortar clavos.
- Separadores de tejido blando.
- Pinzas para manipular alambre ortopédico.

El instrumental puede variar en su forma o tamaño, pero cuando pretende realizar cirugía ortopédica en perros y gatos e indispensable tenerlo, de lo contrario se corre el riesgo de que la ventaja de la fijación interna se pierda por mala colocación de los implantes, manipulación excesiva de los tejidos y reducción

inadecuada, que nos puede dar un resultado de unión retardada o no unión.⁴⁵

La reparación de la fractura en pequeños animales utilizando fijación externa o interna depende mucho de los materiales resistentes a la corrosión tanto por el instrumental como por los implantes. Uno de los fundamentos del tratamiento de las fracturas es la comprensión de las propiedades del acero inoxidable. El acero inoxidable es un término genérico que se aplica a un grupo especial de aceros que contienen diferentes cantidades de cromo para mejorar la resistencia a la corrosión. Todos estos aceros se oxidan y corroen bajo ciertas condiciones; el término inoxidable es, por lo tanto, algo confuso. La cirugía veterinaria puede utilizar diferentes tipos de acero inoxidable, y cada uno tiene una composición diferente dictada por las propiedades que se necesitan.¹⁰

a) Instrumental Manual De Ortopedia.

- Mandril de Jacobs.

Este término se utiliza para describir un mango de aluminio encajado con un aparato con tres mandíbulas de acero inoxidable para sujetar las agujas. Este tipo de instrumentos encaja en teoría con cualquier taladro ortopédico disponible en el mundo, al igual que con la mayoría de los portabrocas de agujas intramedulares.

El mandril de Jacobs (agujas intramedulares) es un instrumento simple, bastante utilizado para insertar agujas intramedulares. Sin embargo, puede emplearse para sujetar e insertar fresas, agujas de fijación externa, agujas de Kirschner y de artrodesis. El control es bueno, pero es difícil producir la rotación axial pura necesaria para obtener un agujero redondo a la perfección. Si se utiliza un mandril manual, es difícil que se produzca necrosis por calor.^{10 30}

- Taladro eléctrico.

Los taladros eléctricos disminuyen bastante el esfuerzo que se realiza en los procedimientos ortopédicos (Fig. 48). Además, ofrecen al cirujano más precisión que los taladros manuales porque los eléctricos pueden controlarse con una mano, dejando libre la otra para sujetar el hueso (o al menos una guía en contacto

con el hueso). El mayor inconveniente del taladro eléctrico es que el calor producido por fricción puede causar necrosis por calor y pérdida del implante, y existen taladros eléctricos en los cuales se regulan las revoluciones por minuto (RPM) y estos son los mas indicados para ortopedia. ¹⁰

b) Instrumental Para La Manipulación Ósea.

Existe en el mercado un gran número de fijadores óseos para cirugía ortopédica humana, de los cuales algunos pueden utilizarse en ortopedia veterinaria y unos pocos se han desarrollado específicamente para esta especialidad. ¹⁰

- Pinzas de fragmentos.

Las pinzas de fragmentos o pinzas de reducción de puntas son fijaciones únicas o dobles diseñadas para mantener la reducción de los fragmentos con interferencia mínima con los implantes e instrumental asociado. ¹⁰

- Pinzas de sujeción ósea.

Las pinzas de sujeción ósea se utilizan para apretar y manipular grandes fragmentos de hueso. Algunas veces las pinzas largas se necesitan para contrarrestar las fuerzas de la contractura muscular. Estas pinzas deben dirigirse a través del fragmento óseo sin lesionar el periostio. ¹⁰

- Osteotomos.

Los Osteotomos poseen una hoja fina, muy aguda de entre 4 – 25 mm de ancho. Se utilizan para cortar a través del hueso durante las osteotomías de elección como la osteotomía trocantérica y la artroplastia de escisión. ¹⁰

- Retractores Ortopédicos.

Los retractores se utilizan en la ortopedia para aumentar la exposición y disminuir el traumatismo de los tejidos blandos. Esto favorece una cirugía más rápida. La retracción apropiada puede reducir significativamente las complicaciones

XIV. FIJACIÓN ENDOMEDULAR.

Los Clavos Intramedulares pueden insertarse normógradas o retrógradas. La fijación con clavos intramedulares (IM) para tratar fracturas de pequeños animales comenzó en la década de los cuarenta. A pesar de sus limitaciones sigue siendo la forma más común en todo el mundo de la fijación interna en cirugía ortopédica veterinaria. En los últimos años, debido en gran parte a un mejor conocimiento de las consideraciones biomecánicas necesarias para que se produzca una buena cicatrización, junto con las técnicas de alambre de banda de tensión y de cerclaje, y con los fijadores externos, el enclavamiento intramedular ha entrado en una nueva fase.^{10 18 21 42}

Milton (1993) quien encontró que clavos intramedulares simples fueron indicados en animales de tamaño pequeño a mediano, pero no en perros grandes. La objeción principal de Milton fue que el clavo simple proporciona una estabilización inadecuada de las fracturas en perros grandes.⁴⁷

El método para fijar el clavo distalmente varía con el tipo de hueso del paciente. La mayoría de los perros tiene una caña femoral con un arqueamiento craneal pronunciado (Fig. 29). Si se deja que el clavo siga su propio curso dentro del segmento distal, penetrará a menudo en la corteza craneal, justo proximalmente respecto a la tróclea femoral.⁸

En este caso, una simple retracción del clavo no es adecuada porque, después de la operación, el clavo migrará distalmente por su canal y volverá a entrar en la articulación y por consiguiente ocasionar signos clínicos habituales que incluyen dolor en la región de la articulación durante la palpación, cojera de la extremidad con la cadera flexionada y disminución o ausencia del reflejo propioceptivo en la zona distal de la extremidad. En esta situación hay que intervenir quirúrgicamente

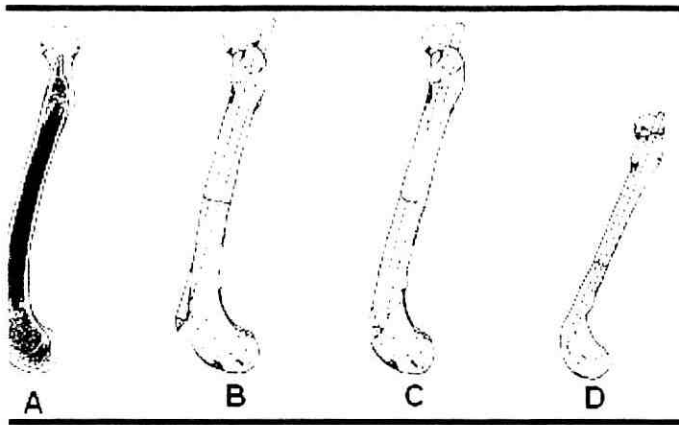


Fig. 29.- efecto de la forma del fémur sobre la inserción del clavo.

Corte sagital de un fémur canino mostrando hueso cortical y esponjoso y la cavidad medular(A).Este fémur canino presenta algo de curvatura craneal, por lo que el clavo intramedular no puede insertarse lo suficientemente profundo con la fractura reducida en posición perfecta (B).Doblando los segmentos de la fractura caudalmente en un lugar de la fractura, puede pasarse el clavo intramedular a lo largo de la corteza caudal en el hueso esponjoso del extremo distal. Este anclaje del clavo en hueso esponjoso mejora la estabilidad(C).Reducción anatómica de un fémur de un gato e inserción de un clavo de Steinmann como fijación. La diáfisis de un fémur de gato es recta (D).⁸

14.1. Clavos Intramedulares.

El enclavado intramedular, por su forma de colocación y la manera en que brinda estabilidad está indicado para las fracturas del tercio medio del fémur y de la tibia.^{21 46}

La manera en que el clavado intramedular brinda inmovilización se asemeja a un tubo dentro de otro tubo. El clavo depende de la longitud de contacto por su resistencia a doblarse y por la fricción y la interdigitación de los fragmentos fracturarios para la estabilidad rotacional (Fig. 30).⁴⁶

Un gran clavo intramedular puede, cuando esta acuñado firmemente, brindar

suficiente estabilidad con la posterior consolidación ósea primaria sin un callo discernible. Sin embargo, con mas frecuencia, puede verse una cantidad variable de callo perióstico.^{2 46}

Sin embargo, en un estudio hecho por Fanton, se detectó una lesión del nervio ciático como una complicación de la fijación intramedular en las fracturas femorales en 12 casos (14.5%) de un total de 57 perros y 26 gatos. En esos 12 casos, el daño fue causado por un bloqueo del nervio ciático próximo al cuello femoral. El bloqueo se relacionó con una técnica de fijación retrograda que dejó la terminación próxima del clavo sobre el nivel del cuello femoral. No se observó ninguna lesión del nervio ciático mientras la terminación proximal permaneció dentro del fémur.⁴⁷

El tratamiento quirúrgico es recomendado para casi todas las fracturas femorales supracondíleas en perros y gatos. Varias técnicas para la estabilización han sido descritas. La mayoría incluye una variedad de métodos de fijación intramedular, pero la aplicación de clavos Rush, clavos cruzados, mini placas y tornillos también han sido registrados.⁴⁷

Idealmente, el diámetro del clavo debe ser de aproximadamente el 75 al 80% de la cavidad medular. Esto es posible en el canal medular del gato o del perro de razas enanas porque el fémur es recto; sin embargo, no es posible en la mayoría de los perros por el arqueamiento craneal del fémur y por el estrechamiento del canal en la caña central. En estos perros, el clavo debe ocupar alrededor del 75 al 80% del diámetro del canal medular en la caña central, lo que supone un clavo con un diámetro del 50 al 75% en relación con otras áreas del canal medular.^{8 10 13}

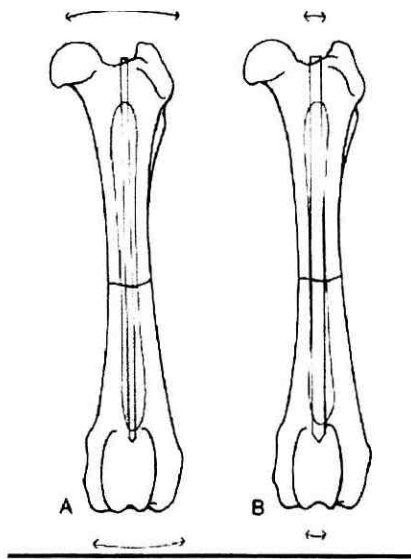


Fig. 30.- Comparación del clavo intramedular con el diámetro de la cavidad. Un clavo intramedular de diámetro pequeño nos indica movimiento y tendremos malos resultados o la no unión(A). Un clavo grande evita los movimientos por lo cual ayuda a la curación (B).³³

14.2. Ventajas y desventajas De La Fijación Intramedular.

a) ventajas:

Como modo de fijación de las extremidades que soportan carga, el clavado endomedular tiene varias ventajas. Debido a que es un dispositivo que comparte las cargas y es mucho mas fuerte que una placa, la carga de peso puede lograrse mucho mas temprano luego del clavado intramedular después de otros medios de fijación. La fijación con clavos y alambres es mucho más barata que la de placas. El aspecto económico es menos importante cuando se confronta la fijación intramedular con la fijación esquelética externa. Sin embargo, como se desarrollará más adelante, la fijación con clavos no puede aplicarse en su forma más conveniente sin disponer de una fijación esquelética externa. La mayor parte del equipo de clavos y alambres tiene una vida de uso larga. En general, los clavos y los alambres pueden aplicarse en un tiempo inferior al necesario para las placas.^{2 9 12 13 27 42 46}

Los estudios muestran que el poder de agarre depende de la combinación de numerosos factores. Si pensamos que el clavo es un tubo dentro de otro tubo óseo, se hacen obvias varias propiedades biomecánicas de este tipo de fijación.⁴⁶

Un clavo intramedular posee diferentes ventajas mecánicas y biológicas. Los clavos suelen ser más fáciles de extraer que las placas.^{13 12 42 46 9 11 37}

b) Desventajas:

Inconvenientes respecto a las placas; Si los fragmentos óseos son demasiado pequeños para ser reducidos o estabilizados, la fijación con clavos y alambres puede que no sea tan estable como con una placa. La fijación con clavos y alambres no está diseñada para mantener la longitud del hueso (actúa como contrafuerte). Se ha afirmado que el clavo intramedular de fracturas abiertas puede diseminar una infección superior en la cavidad medular.⁴²

Las fracturas diafisarias del fémur con trazo transversal o ligeramente oblicuo son tratadas generalmente con clavos intramedulares libres con los cuales frecuentemente existen complicaciones, tales como migración del implante, mala unión ósea, pseudoartrosis, retraso en la consolidación o enfermedad de la fractura. Todo esto ocasionado por la pobre estabilidad rotacional que provee dicho implante.²⁸

La inestabilidad rotacional es la fuerza más difícil de vencer, especialmente cuando se utilizan los aparatos de fijación axialmente dirigida.⁴⁵

La ubicación del clavo en el canal medular impide la regeneración de la vascularidad, impidiendo la llegada de macrófagos y antibiótico a la zona, lo que favorece a la larga la permanencia del proceso infeccioso. En el caso de fracturas contaminadas o infectadas, la fijación esquelética ha demostrado ser el método de elección para su tratamiento.⁴⁵

En el uso del clavo intramedular en fracturas de perro pesados existe la posibilidad de tener problemas en la estabilidad de la fractura. En este caso las placas ortopédicas y los clavos cerrojados ofrecen mayores ventajas que el clavo intramedular.⁴⁵

El clavado intramedular convencional es el método de fijación interna sólo para fracturas del tercio medio del fémur, e ideal para las fracturas transversas y oblicuas cortas. Su uso en otros patrones es una extensión de la técnica más allá de las indicaciones ideales y con frecuencia requiere la combinación de cerclaje, tornillos tirafondo o placas.⁴⁶

Existen implantes intramedulares de Ac. Poliglicólico desarrollados en Helsinki y con la ventaja que son absorbibles; no han tenido la suficiente aceptación en el mundo.³⁹

El clavo sustituye al hueso mientras éste consolida, por lo tanto, debe ser tan fuerte como el.⁴⁶

XV. APLICACIÓN INTRAMEDULAR NORMOGRADA.

La inserción normógrada de un clavo se aplica, tanto en la reducción cerrada como abierta, y es preferible a la retrógrada porque tiene la ventaja de poder colocarlo más lateralmente en la fosa trocantérica y, en consecuencia, más lejos de la cabeza del fémur y del nervio ciático (Fig.31). Además, se manipula menos cantidad de tejido blando, por lo que se puede cortar más el clavo, que minimiza la formación de seroma y disminuye el malestar del paciente. En caso de fracturas de la caña central y parte proximal del fémur, es mejor ampliar la incisión del abordaje proximalmente para introducir el clavo. El corte transversal del tendón de la inserción del músculo glúteo superficial y su elevación antes de introducir el clavo, permitirá cortarlo bastante al finalizar la operación quirúrgica.⁸

En otros casos, se practica una incisión cutánea corta, dorsomedialmente respecto al trocánter mayor. Se introduce el clavo a través de la grasa subcutánea y los músculos glúteos hasta que se toque el trocánter con la punta del clavo. Durante este proceso, se mantiene el fémur proximal en el grado normal de angulación y rotación de la posición en estática. Se orientan el mandril y el clavo axialmente respecto al fémur y el clavo sale por la parte medial del trocánter, quedando situado en la fosa trocantérica, donde se centrará con cierta presión ejercida con el mandril. La alineación axial se mantiene fácilmente observando el segmento femoral proximal, se penetra rápidamente en la cavidad medular y el clavo continúa distalmente respecto al lugar de la fractura.⁸

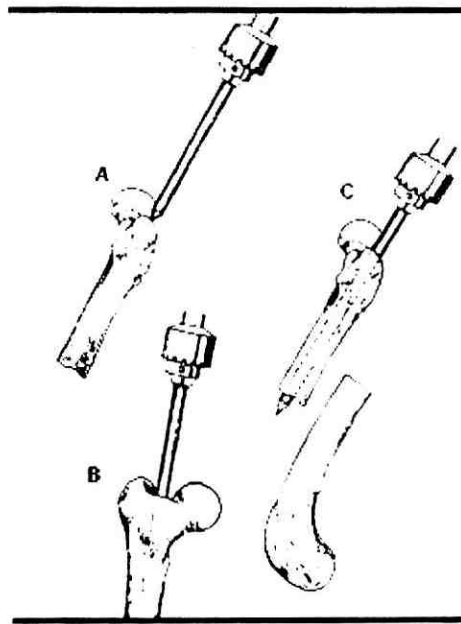


Fig. 31.- Técnica de enclavamiento intramedular en dirección normograda, empleando un clavo de Steinman, con el fémur proximal en angulación y rotación de la posición normal en estación.⁸

Antes de realizar una reducción cerrada, en animales pequeños el cirujano puede sentir si la fractura puede reducirse con una forma de fijación interna. Una fractura puede ser reducida en forma cerrada solo cuando reúna las siguientes:

- Ser una fractura fresca (meno de 8 hrs. Posttraumatismo) para evitar

contractura muscular.

- Que el animal afectado sea delgado y de talla pequeña de tal manera que nos permita la manipulación de los fragmentos óseos fracturados.
- Si la fractura es estable (única, transversa dentada) y con poco cabalgamiento.
- Preferentemente en la diáfisis del hueso.
- El cirujano debe tener experiencia en la manipulación de fragmentos óseos.^{32 45}

15.1. Técnica Quirúrgica.

Existen muchas opciones para el abordaje de esta área. Por lo tanto es decisión del cirujano utilizar todos los abordajes y adaptarlos de manera más adecuada.³⁷

Planteamiento prequirúrgico.

1. Cuidado preoperatorio, se corta el pelo en una amplia superficie alrededor del trocánter mayor, y la zona se prepara como de rutina.⁵³
2. Se debe seleccionar un clavo intramedular con l al extremo afilado para la reducción normograda del sitio afectado Se mide la longitud del clavo desde el extremo distal del canal medular hasta la punta del trocánter mayor. En un animal obeso, hay que incluir una longitud poco mayor a la profundidad de los tejidos blandos por encima del trocánter. El tamaño del clavo debe ser evaluado utilizando una radiografía de la zona afectada. Algunos autores prefieren precortar el clavo en longitud y redondear uno de los extremos para que sea los menos traumático posible; exponiendo este extremo hacia los tejidos blandos y por lo tanto se causa menos irritación.
10
3. Colocación. Decúbito lateral con la extremidad afectada en la parte superior.

4. Instrumental (ver lo referente al capítulo 13.1.). Portabrocas; pinzas de sujeción óseas; clavo intramedular de tamaño apropiado; alambre para Cerclaje; trenzadores / alicates de alambre; cortadores de aguja / alambre; cortadores de agujas gruesas; brocas; retractores de Gelpi; +- equipo apropiado de fijadores externos si se va a utilizar un fijador tipo I adicional.

10

5. Abordaje quirúrgico.

Técnica normograda:

La incisión de la piel corre desde un punto dorsal ligeramente craneal al trocánter, se extiende sobre la superficie lateral del trocánter y termina distalmente en el tercio proximal del cuerpo del fémur (Fig. 32).³⁷

Si se realiza un abordaje craneolateral: en primer lugar, se practica una incisión cutánea vertical craneal al trocánter mayor. Una vez identificado el bíceps, se incide sobre la fascia lata a lo largo del borde craneal de este músculo, que posteriormente se repliega caudalmente. Se secciona verticalmente la fascia lata (que cubre el vasto lateral). Se prolonga la incisión proximalmente, separando los músculos tensores de la fascia lata y glúteo superficial. Se repliega caudalmente el vasto lateral, dorsalmente el glúteo medio y cranealmente el tensor de la fascia lata.⁴⁰

El tejido subcutáneo y la fascia se inciden y retraen del área de manera que la capa superficial de la fascia lata pueda visualizarse con claridad, Se hace una incisión a través de la fascia lata a lo largo del borde craneal del músculo o bíceps femoral.³⁷

El bíceps se retrae caudalmente, la piel y la fascia lata cranealmente. Los bordes del músculo glúteo superficial se separan por disección de la fascia circundante y el tendón de inserción de este músculo se corta cerca del fémur. Se deja suficiente tendón distalmente para permitir la sutura en el cierre.³⁷

El músculo glúteo superficial se retrae proximalmente para exponer el trocánter mayor y el músculo glúteo medio. Se hace una incisión a través de las fibras del

origen del músculo vasto lateral a lo largo del borde del tercer trocánter del fémur. Esta incisión se profundiza para incluir el periostio en animales jóvenes.³⁷ La elevación subperiostial de la porción lateral proximal del músculo vasto lateral expone el tercio proximal del fémur. El músculo aductor sobre el lado caudal del hueso puede también elevarse del hueso para dar mayor exposición.³⁷ El músculo vasto lateral se afronta mediante a los tendones glúteo profundo o medio y lateralmente al tendón glúteo superficial. Se utilizan puntos de colchonero separados en el tendón del músculo glúteo superficial. Después se sutura la fascia lata al bíceps femoral, seguido por el tejido subdérmico y piel.³⁷

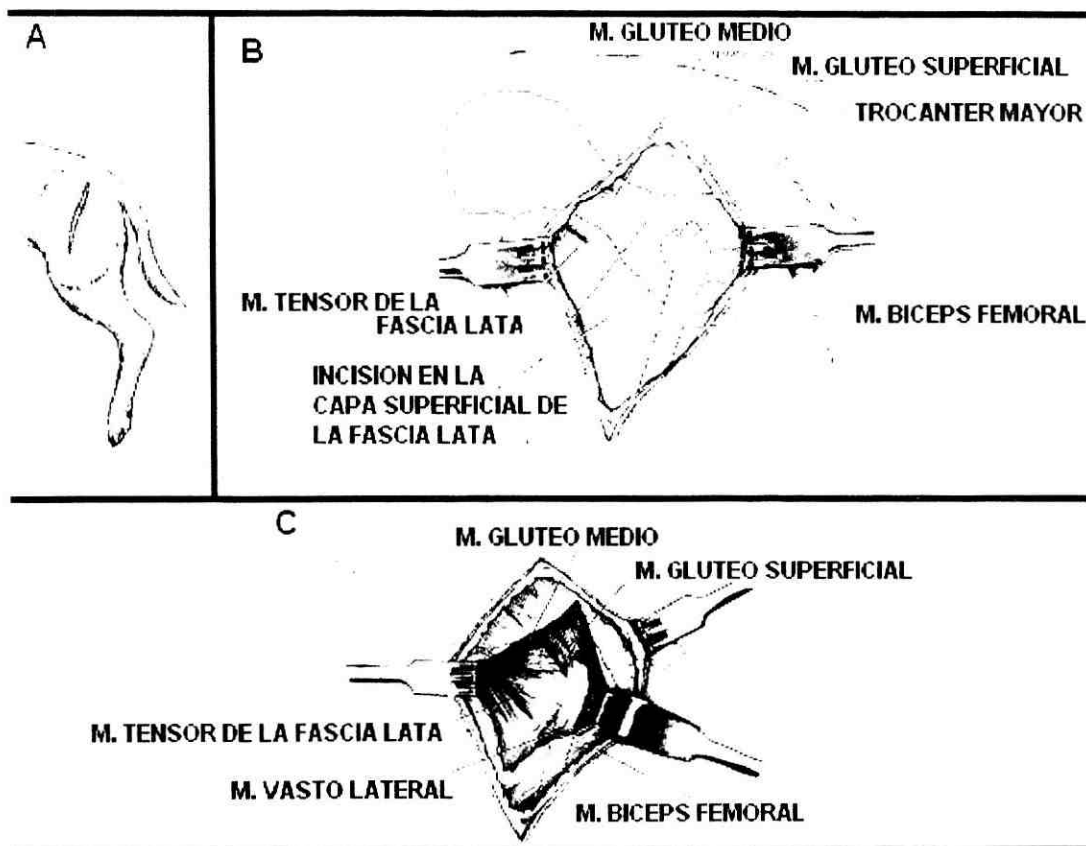


Fig. 32.- Abordaje al trocánter mayor y región subtrocantérica del fémur.³⁷

Si es necesario el acceso al trocánter mayor, la inserción del músculo glúteo superficial debe tenotomizarse y el origen del músculo vasto en el tercer trocánter tiene que incidirse en dirección subperióstica y distal para exponer el trocánter.¹⁰

Introducción del clavo.

Se introduce el clavo por el canal medular hasta que se siente que ha penetrado en la fosa trocántérica, se retira y se revierte para pasar el extremo romo hasta que se note la piel por encima de la fosa trocántérica. Se realiza una incisión pequeña por encima de la cabeza del clavo y se reinserta el taladro en él. Se retira el clavo en dirección proximal hasta dejar fuera 1 cm. Desde el fragmento proximal en el lugar de la fractura. ¹⁰

El clavo se inserta en el extremo proximal del fémur. Sobre la piel se realiza una incisión, justo en la parte interna de la punta del trocánter mayor. El extremo afilado del clavo, que se ha colocado en un portabrocas de mano de modo que su porción expuesta sea aproximadamente 6mm menor que la distancia desde la punta proximal del trocánter mayor al surco troclear, se introduce por debajo de la cara interna del trocánter mayor al interior de la fosa trocántérica y la cavidad medular del fémur. ⁵³

La diáfisis y los cóndilos del fémur se mantienen sujetos mientras el clavo se dirige al interior del fémur, y se asienta en el segmento distal del hueso. Se debe intentar mantener el clavo en la cara posterior del canal medular mediante presión anterior sobre la diáfisis posterior del fémur. El clavo no se debe cortar hasta que se tome una radiografía que confirme que está correctamente asentado en el fémur distal. Recuérdese tener presente la magnificación radiográfica (10 – 15%). Los pequeños cambios en el diámetro del clavo producen grandes cambios en el momento de inercia de la sección transversal y en la resistencia del clavo mismo.

10 53

15.2. Posoperatorio.

La meta final del tratamiento de las fracturas es la unión del hueso y la rápida recuperación del miembro para su pleno funcionamiento. La fijación intramedular es un método viable para estabilizar ciertos tipos de fracturas de hueso largo si se observan los principios adecuados acerca de la colocación de clavos. ⁹

Es evidente que en la fijación intramedular no hay necesidad de un cuidado postoperatorio meticuloso y caro, especialmente al compararlo con una fijación esquelética. No se necesita de tablillas externas adicionales, a condición de que, después de la operación la actividad del paciente sea restringida durante 4 o 6 semanas. ⁹

El seguimiento de la consolidación de fracturas se basa tanto en la progresión clínica del paciente como en la evaluación del proceso mediante un examen meticuloso. El método más frecuente de examen es el radiográfico (tabla.5), y lo será probablemente durante un futuro inmediato en la clínica veterinaria. Así, el tratamiento moderno de las fracturas no está enfocado en la unión ósea a expensas de la función, sino dirigido principalmente a restaurar la función, sino dirigido principalmente a restaurar la función de los tejidos blandos y las articulaciones adyacentes. Por lo tanto, el cirujano moderno de fracturas dirigirá el tratamiento al retorno precoz de la función y de la movilidad y luego, a la consolidación ósea. ^{10 46}

La pérdida de la función de la cubierta de los tejidos blandos por la cicatrización y la rigidez articular secundaria solo puede evitarse mediante la movilización temprana; en perros el ejercicio es recomendado después de 6 semanas de la cirugía. ^{10 46}

En los procedimientos ortopédicos limpios no es necesario el empleo indiscriminado de antibióticos de amplio espectro porque incrementa el riesgo de infección o colonización con bacterias resistentes. Como profilaxis recomendamos una sola administración de cefalosporina de primera generación (40 mg/Kg. total, mitad EV y mitad IM) en procedimientos de hasta 5 horas. ⁴¹

La estabilidad rígida elimina el movimiento de los fragmentos y mejora el bienestar al reducir el dolor, pero se la cuestiona por los métodos de fijación que acompañan

la cicatrización ósea.⁴¹

Tabla 5.- Seguimiento radiográfico de las fracturas.⁴²

Signo Radiográfico	Tiempo Postoperatorio
Márgenes definidos de la fractura	1 semana
Márgenes indistinguibles de la fractura y ensanchamiento del espacio de fractura.	2 semanas
Mineralización desigual y desestructurada del callo de puente, la línea de fractura aún es visible.	4-6 semanas
Callo de puente con una densidad uniforme y bordes lisos; la línea de fractura es vagamente visible (se puede retirar aparte de la fijación: p. ej., clavos de los fijadores externos).	6-9 semanas
Callo denso de tamaño reducido: la línea de fractura es apenas visible, hay una remodelación inicial corticomedular (fase de unión clínica temprana)	8-12 semanas
Condensación mayor del callo; separación clara corticomedular debido a la remodelación; la línea de fractura no es visible.	10 semanas>>>

15.3. Retiro Del Implante.

Una vez, estableciendo que la fractura está reparada. Se administra un anestésico general y el paciente se coloca acostado lateralmente con al miembro

afectado en la parte superior. Se hace una pequeña incisión sobre la punta del trocánter mayor y el clavo intramedular. El extremo del clavo se diseca raspándolo y dejándolo libre de cualquier tejido cicatrizal, de modo que se exponga lo suficiente para permitir que se pueda agarrar con el portabrocas del taladro de mano. El taladro se ajusta al clavo, y este se saca girándolo hacia la izquierda hasta que su punto distal está próximo a la fractura. Mientras se maneja el taladro de mano se valora clínicamente la rigidez de la fractura. Si el lugar de la fractura se muestra lo suficientemente rígido, el clavo se puede retirar del fragmento proximal sin peligro para el hueso.⁵³

Si se descubre un callo excesivo, se debe sospechar una inestabilidad de los fragmentos o un excesivo ejercicio. En algunos casos puede ser necesario un soporte externo para asegurar la inmovilización. En el caso de fracturas inestables, se recomienda el uso de un medio clavo insertado en los cóndilos distales del fémur con objeto de aumentar la inmovilización y prevenir la rotación.⁵³

15.4. Relevancia Clínica Entre Las Técnica Normograda Y Retrógrada.

Al utilizar la técnica normograda los clavos estaban localizados más cranealmente en la mitad del músculo glúteo que en los clavos insertados de forma retrógrada. Los clavos normogrados suelen salir más lejos del nervio ciático que los clavos retrógrados. Al momento de hacer la cirugía cuando la cadera está en ángulos de 85° de la mitad del eje y 110° en la articulación distal. 7 de 13 clavos retrógrados y ninguno de 15 clavos normogrados contactaron el nervio ciático, la técnica normograda por lo tanto es la que menos causa lesión al nervio ciático.³⁴

Las lesiones al nervio ciático es una complicación dramática y común en la fijación de clavos intramedulares en fijación de fracturas en perros y gatos. La tasa de lesiones reportadas en el nervio ciático es de 14.3 % en perros y de 23.1 % en gatos.³⁴

Haciendo una comparación de la técnica normograda con la técnica retrograda en cirugías, que se realizaron con una flexión coxofemoral de 85°, y los resultados fueron los siguientes;

- En fracturas del tercio distal los clavos normogradados estuvieron mas cerca del eje central que los retrógrados y el nervio ciático hizo contacto con uno de cuatro clavos retrogradados y con ninguno aplicado de forma normograda.
- En fracturas del tercio medio 4 de 5 clavos insertados con la técnica retrograda tuvieron contacto con el nervio ciático y ninguno de 5 casos donde se utilizo la técnica normograda tuvieron contacto con el nervio.
- En fracturas del tercio proximal 2 de 5 clavos retrógradados tuvieron contacto con el nervio y ninguno de de la técnica normograda,
- Los clavos normogradados salieron mas lateralmente en la fosa trocantérica que los clavos retrógradados en los tres tipos de fracturas. ³⁴
- En la técnica retrograda el clavo salía en la parte medial del músculo glúteo medio, y esto puede tener relevancia clínica en dos casos, que son:
- El músculo cubre más al clavo y por lo tanto hace más difícil que al momento de cortarlo lo dejemos más pequeño.
- Al estar el clavo en la mitad del músculo incrementa el trauma con el movimiento haciendo que haya una reacción de fibrosis alrededor de los tejidos del clavo intramedular. ^{34 35}

Utilizando la técnica normograda, se revelaron resultados de regreso de la función del miembro en 14-16 días y la consolidación del callo entre 8-16 semanas. ¹³

La técnica de fijación intramedular normograda que incluye la inserción de uno o dos clavos desde la articulación coxofemoral dentro del fémur proximal sin extenderse sobre el nivel del cuello femoral puede ser usada para la mayoría de las fracturas femorales supracondíleas en animales pequeños. La técnica conduce a una completa libertad de cojera en aproximadamente el 80% de los casos y resultados son similares en perros y gatos, de diferente tamaño. Las

complicaciones ocurren ocasionalmente, infección e inestabilidad son los problemas encontrados frecuentemente. El daño al nervio ciático y cojera como una consecuencia de los trastornos de crecimiento, no fueron observados. La dificultad al remover el (los) clavos (s) no constituye un problema práctico. El procedimiento quirúrgico es simple de realizar, falla sólo en casos excepcionales y no requiere grandes recursos.⁴⁷

XVI. PROBLEMAS BÁSICOS EN LA FIJACIÓN.

En realidad, la infección es la complicación más grave del traumatismo porque, además de la cicatriz por la lesión inicial, la infección implica la fibrosis como resultado del daño tisular.⁴⁶

1. La estabilización inadecuada que conlleva a una unión retardada o a la no unión, ocurre frecuentemente y puede ocurrir por arriba del 52% de las complicaciones en la fijación de fracturas.¹²
2. La aparición de un callo de irritación turbio después de la fijación con compresión es un signo de inestabilidad indeseable y peligrosa.⁶
3. La migración postoperatoria proximal de un clavo es una indicación definitiva de movimiento, debido a una relación con el hueso causa resorción ósea y el aflojamiento consiguiente del clavo. La migración distal del clavo dentro de la articulación significa, salvo pocas excepciones, que el clavo ha penetrado el cartílago articular distal cuando se colocó.⁴²
4. La manipulación en el canal medular por fresado y el enclavijamiento puede comprometer seriamente la función pulmonar, lo que ha llevado a un estudio minucioso del enclavijamiento intramedular de fracturas de huesos largos en pacientes politraumatizados con contusión pulmonar y en los que la gravedad de la lesión es elevada.³⁸
5. La inmovilización prolongada produce la atrofia del cartílago articular, las contracturas de la cápsula y ligamentos y las adhesiones intraarticulares.⁴⁶

6. La ausencia de resorción en fracturas de fijación estable y su emergencia rutinaria en las fracturas con inestabilidad al menos microscópicas. Condujo a la hipótesis de que el movimiento interfragmentario dispara la resorción de la superficie ósea. En estudios, realizados experimentalmente en implantes sobre las superficies de contacto con el hueso con movimiento relativo o sin el. La presentación de la resorción dependía de la existencia de movimiento.⁶

Esteban Mele, (1995) observó que la gran mayoría de los politraumatizados tratados adecuadamente presentan bajas mortalidades.²⁹

XVII. BIBLIOGRAFIA.

1. Aithal H.P. 1999. Modified Pin Fixation for Distal Metaphyseal-Epiphyseal Fractures of Femur in the Dog, a Review of 7 Cases. Indian veterinary journal. 76. 220-224.
2. Aithal H.P., Singh G.R. 1998. Evaluation of Fixation Devices for Resistance of Bending and Rotation in Supracondylear Femoral Fracture Fixation in Dogs. Indian journal of animal sciences. 68.1121-1125.
3. Alexander H. A. 1989. Técnica Quirúrgica en Animales y Temas de Terapéutica Quirúrgica. Sexta Edición. Editorial Interamericana Mc-Graw Hill. México.
4. Banks W. J. 1986. Histología Veterinaria Aplicada. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C. V. México.
5. Beale B. S. 2001. Simple Ways to Treat Difficult Fractures in Dogs and Cats. <http://www.dcvvm.org/01nov.htm>
6. Bloomberg M. S. 1996. Fisiopatología y Clínica Quirúrgica en Animales Pequeños; Editorial Inter-Médica. Argentina.
7. Bonilla Z. A., Pinaud R. Comparación Osteointegradora entre dos tipos de Implantes Coralinos de diferente Porosidad, Trabajo experimental en conejos. <http://www.encolombia.com/orto13399-comparacion.htm>
8. Brinker, Piermattei, Flo. 1999. Ortopedia y Reparación de Fracturas de Pequeños Animales. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. España.
9. Coetzee G.L. 1999. Long Bone Fracture Fixation with an Intramedullary Pin and C-Clamp on Plate in Dogs. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology. 12. 26-32.
10. Coughlan A. R., Miller Andrew. 1999. Manual de Reparación y Tratamiento de Fracturas en Pequeños Animales. Ediciones Harcourt S.A. España.
11. Crenshaw A. H. 1988. Campbell, Cirugía Ortopédica. Séptima Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina.
12. Dalman M.J., Martin R.A. 1990. Rotational Stregth of Double-Pinning Techniques in Repair of Transverse Fractures in Femurs of Dogs. American journal of veterinary research. 51. 123-127.
13. Durall I. D., Morales. 1993. An Experimental Study of Compression of Femoral Fractures by an Interlocking Intramedullary Pin. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology. 6. 93-99.

14. Durall I., Díaz B., Jordi F. 2001. Clavos Cerrojados en Perro y Gatos. Universidad Autónoma de Barcelona; <http://www.avepa.es/grupos/gevo/jornadas01/art08.htm>
15. Dvorák M., Necas A., Zatloukal J. 2000. Complications of Long Bone Fracture Healing In Dogs, Functional and Radiological Criteria for Their Assessment. University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences. 69.107–114.
16. Evans H. E. 1981. Diseción del Perro (de Miller). Primera Edición. Nueva Editorial Interamericana. México.
17. Fawcett D. 1989. Tratado de Histología. Editorial Interamericana, Mac-Graw Hill. México.
18. Franco A. J. 1971. Reducción de las Fracturas Transversales, Oblicuas y Conminutas del Fémur del Perro Por Medio Del Clavo Intramedular. Tesis de Licenciatura. UNAM. México.
19. Getty R. 1994. Anatomía de los Animales Domésticos. Quinta Edición. Salvat Editores. México.
20. González. 2002. Articulación Coxo-Femoral (Cadera). <http://www.canal-h.net/webs/s.gonzalez002/Anatomia/ARTCADER.htm>
21. Gorostiza L. J. 1982. Manual Básico de Cirugía Ortopédica. Tesis de Licenciatura. UNAM. México.
22. Guzmán D. C., Robles G. J. 1998. Manual de Urgencias Médico Quirúrgicas. Editorial Mc Graw – Hill Interamericana. México.
23. Jaegger G., Denis J. 2002. Reliability of goniometry in Labrador retrievers; AJVR. (Memorias). 63-69.
24. Johnson A. 1999. Management of Open Fractures in Dogs and Cats. Waltham Focus, University of Illinois. 9, 43-47.
25. Laguna J., Piña G. E. 1994. Bioquímica. Cuarta Edición. Editores JGH; México.
26. Leighton R. L. 2000. Desarrollo y Alternancia de la Fijación Externa e Interna en Ortopedia y Traumatología Veterinaria. <http://www.fvet.uba.ar/biblioteca/resumenes/88.htm>
27. Leocona B.H., Domínguez H. 2000. In Vitro Biomechanic Study Of A Solid Interlocking Nail In Canine Femur. AMMVEPE.4. 13-15.

28. Leocona B.H., Perez V.L., Arriaga B.C., Ojeda F.J. 1998. Tratamiento de las Fracturas Diafisarias de Fémur en Perros con Clavos Bloqueados. AMMVEPE.9. 17-20.
29. Mele E. Making of an Index of Graveness for Traumatized Dogs and Cats; Buenos Aires; <http://www.fvet.uba.ar/biblioteca/resumenes/129.htm>
30. Montoso A., Pistani J. R. Evaluación del Daño Mecánico de Las Corticales Óseas Durante la Colocación de Clavos Roscados Autoperforantes. Universidad de Buenos Aires. <http://www.fvet.uba.ar/biblioteca/resumenes/129.htm>
31. Morales J. L. Anatomía Aplicada Pequeños Animales. http://www.uco.es/organiza/departamentos/anatomia-y-anatopatologica/anat-aplicada/disp_cad.htm
32. Newton C. D. 1999. Fracture of the Femur; http://cal.nbc.upenn.edu/saortho/chapter_29/29mast.htm#REFS
33. Nunamaker D. M. Fractures and Dislocations of the Hip Joint. http://cal.nbc.upenn.edu/saortho/chapter_28/28mast.htm
34. Palmer R.H., Aron D.N., Purinton P.T. 1998. Relationship of Femoral Intramedullary Pins to the Sciatic Nerve and Gluteal Muscles After Retrograde and Normograde Insertion. Veterinary surgery. 17. 65-70.
35. Pardo A.E. 1994. Relationship of Tibial Intramedullary Pins To Canine Stifle Joint Structures, a Comparison of Normograde and Retrograde Insertion. Journal of the American animal hospital association. 30; 369-374.
36. Pérez O. A. 2001. Historia veterinaria, Verdades y mitos sobre lo que han hecho los Veterinarios; Argentina. <http://www.visionveterinaria.com/historia/03nov2001.htm>
37. Piermattei D. L. 1996. Atlas de Abordajes Quirúrgicos de Huesos y Articulaciones Perros y Gatos. Tercera Edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana S. A. de C.V. México.
38. Pistani J. R. Avances en el Desarrollo de los Fijadores Externos en Ortopedia y Traumatología. Universidad de Buenos Aires. Argentina. <http://www.fvet.uba.ar/biblioteca/resumenes/129.htm>
39. Ramírez F. G. 2001. Avances en Cirugía Articular en Perros y Gatos. XIV Jornadas Medicas del departamento de Medicina, cirugía y zootecnia para pequeñas Especies (memorias); México.

40. Raya B. A., Ruiz H. C. Displasia de cadera.
http://www.uco.es/organiza/departamentos/anatomia-y-anat-patologica/anat-aplicada/disp_cad.htm
41. Roush K. J., McLaughlin M. R. 1998. Fundamentos en el Manejo de Fracturas. http://www.seleccionesveterinarias.com/articulos/art7_2.htm
42. San Román A. F. 1993. Nuevos Desarrollos de la Inmovilización Interna de las Fracturas. <http://www.fvet.uba.ar/biblioteca/resumenes/93.htm>
43. Sánchez V. M. 1997. Traumatología y ortopedia de pequeños animales. Primera Edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. España.
44. San pedro B. E. Traumatología y Ortopedia. 1983. Editor Francisco Méndez Oteo. México.
45. Santoscoy M. C., Hernández A. M. 2001. Diplomado a distancia en medicina, cirugía y zootecnia en perros y gatos. Cuarta edición. Editorial Graphics. México.
46. Schatzker J., Tile M. 1996. Tratamiento Quirúrgico de las Fracturas. Editorial Panamericana. Argentina.
47. Stigen O. 1999. Supracondylear Femoral Fractures in 159 Dogs and Treated Using a Normograde Intramedullary Pinning Technique. Journal of small animal practice. 40. 519-523.
48. Sukhiani H.R., Holmberg D.L. 1997. Ex Vivo Biomechanical Comparison of Pin Fixation Techniques for Canine Distal Femoral Physeal Fractures. Veterinary surgery. 26. 398-407.
49. Trigo T. F. 1998. Patología Sistémica Veterinaria. Tercera Edición. Mc Graw-Hill Companies. Inc. México.
50. Turek S. 1992. Ortopedia Principios y Aplicaciones. Tercera Edición. Salvat Editores, S. A. España.
51. Villaseñor O. 2001. Grapa Ortopédica Con Abrazaderas. XIV Jornadas Médicas del departamento de Medicina, cirugía y zootecnia para pequeñas Especies (memorias); México.
52. Weston A., Davey P. 2002. Low Intensity Ultrasound Treatment for Acceleration of Bone Fracture Healing Exogen. Australia;
<http://www.msac.gov.au>.
53. Whittick W. G. 1978. Traumatología Y Ortopedia Canina. Edición Castellana. Editorial AEDOS. España.

54. Zaera P. J. 2000. Bases en la Cicatrización Ósea. Facultad de Veterinaria U.L.P.G.C. España.