

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**“FIJACION ESQUELETICA EN PERROS UTILIZANDO
METIL METACRILATO COMO ESTABILIZADOR”**

MONOGRAFIA

POR

Claudia Pineda Sánchez

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

ASESOR PRINCIPAL:

MVZ. CARLOS RAUL RASCON DIAZ

TORREON, COAHUILA; MEXICO.

MAYO DE 2013

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**“FIJACION ESQUELETICA EN PERROS UTILIZANDO
METIL METACRILATO COMO ESTABILIZADOR”
MONOGRAFIA**

POR

Claudia Pineda Sánchez

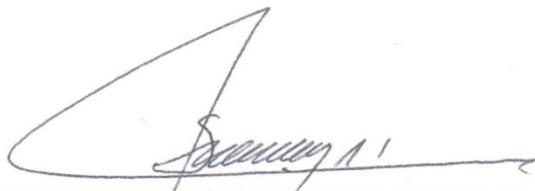
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:



MVZ. CARLOS RAUL RASCON DIAZ
ASESOR PRINCIPAL



MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO
COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**“FIJACION ESQUELETICA EN PERROS UTILIZANDO
METIL METACRILATO COMO ESTABILIZADOR”**

MONOGRAFIA

POR

Claudia Pineda Sánchez

QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
APROBADO POR:**



MVZ. CARLOS RAUL RASCON DIAZ
PRESIDENTE



MVZ. SILVESTRE MORENO AVALOS
VOCAL



I.Z. HÉCTOR MANUEL ESTRADA FLORES
VOCAL



MVZ. RODRIGO I. SIMÓN ALONSO
VOCAL SUPLENTE

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a dios por todas las personas que puso en mi camino que influyeron en mi vida para terminar esta carrera y esta investigación.

Gracias a mis padres Lic. Miguel Pineda Hernández y Silvia Sánchez Nájera, por su apoyo incondicional, por sus consejos y confianza que me brindaron al a lo largo de mi carrera. A mi hermano y mis compañeros de clase por las vivencias y las experiencias vividas en el transcurso de este camino.

Al M.V.Z. Edmundo Guzmán Ramos y a su esposa por el apoyo en compartir sus conocimientos y por la asesoría en esta investigación, al igual que al M.V.Z. Ivo Luis Vigil quien me apoyo mucho durante mi estancia en las prácticas profesionales al igual que en mi investigación para la realización de esta monografía.

Gracias dios por todo lo recibido en la vida y tus bendiciones a lo largo y durante mi carrera.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a mis padres gracias a dios y a ellos pude terminar esta carrera y cumplir uno de mis sueños. A mi padre por día a día darme ese ejemplo de trabajo, lealtad, y de ser una mujer de bien y exitosa. A mi madre por su cariño y el ejemplo de luchar por lo que uno quiere, gracias a los dos por sus grandes ejemplos y por todo lo que me han dado.

INDICE

I.	RESUMEN.....	VII
II.	INTRODUCCION.....	1
III.	OBJETIVO.....	2
IV.	ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS FIJADORES ESUQLQTICOS EXTERNOS.....	3
V.	CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS HUESOS	7
	5.1. Clasificación Macroscópica.....	7
	5.2. Clasificación Microscópica.....	7
VI.	PRINCIPALES CARACTERISTICAS HISTOLOGICAS Y CITOLOGICAS.....	9
	6.1. Componentes Histológicos.....	9
	6.2. Organización del Hueso.....	11
VII.	BIOMECANICA DEL HUESO.....	14
	7.1. Propiedades Dinámicas.....	14
	7.2. Propiedades Mecánicas.....	15
VIII.	TIPOS DE FUERZAS QUE ACTUAN EN EL HUESO.....	16
IX.	CICATRIZACION OSEA.....	18
	9.1. Tipos de Cicatrización.....	19
	9.2. Facas de Reparación.....	23
X.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA REPARACION DE FRACTURAS.....	29
XI.	FRACTURAS OSEAS.....	31
	11.1. Clasificación de las Fracturas	31
	11.1.1. Causa de la fractura	31
	11.1.2. De acuerdo a la presencia o ausencia de una herida	32
	11.1.3. De acuerdo con la extensión del daño	32
	11.1.4. De acuerdo con la dirección y localización de la línea de fractura	34
	11.1.5. De acuerdo con la estabilidad	36
XII.	PRINCIPIOS BASICOS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS FRACTURAS	37
	12.1. El Acrílico	37
	12.2. Tipos de clavos para fijación externa	39
	12.3. Nomenclatura.....	42

XIII.	PRINCIPIOS BASICOS PARA LA REDUCCION DE FRACTURAS	45
XIV.	FIJACION ESQUELETICA EXTERNA	49
	14.1. Procedimientos Generales para el montaje de FEE.....	49
XV.	Abordaje quirúrgico	53
XVI.	Ventajas y Desventajas	56
XVII.	Bibliografía	57

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1. Primer dispositivo de fijación.....	3
Figura 2. Clamp de metal ajustable.....	4
Figura 3. Primer fijador esquelético externo.....	5
Figura 4. Fijador esquelético externo con dos barras	5
Figura 5. Esquema organizacional del hueso	13
Figura 6. Metil metacrilato	38
Figura 7. Clavos Steinmann.....	41
Figura 8. Fijadores esqueléticos externos tipo I.....	43
Figura 9. Fijadores esqueléticos externos tipo II.....	44
Figura 10. Fijadores esqueléticos externos tipo III.....	44
Figura 11. Colocación del paciente para corrección de fractura	49
Figura 12. Colocación de vendaje post operatorio.....	52

I. RESUMEN

Antes de realizar cualquier tipo de fijación esquelética externa sea, de forma abierta o cerrada, el médico deberá evaluar al paciente muy meticulosamente; por lo tanto se llevara a cabo antes que nada un estudio radiográfico para poder observar el tipo de fractura que presenta el paciente.

Posterior mente el médico tomara la decisión de que procedimiento quirúrgico realizara para recuperar la función tanto muscular y como óseo del paciente.⁵

El cirujano debe tratar de mejorar continuamente el manejo de los tejidos blandos, los siguientes puntos que deben ser tomados siempre en cuenta son:

1. Estricta hemostasia
2. Seguir la separaciones normales de los músculos y fascias
3. Seccionar músculos cerca de su origen o inserción
4. Conocer la localización de los principales vasos y nervios
5. Evitar una tracción excesiva sobre los nervios
6. Mantener las inserciones al hueso de los tejidos blandos en el proceso de reducción y fijación
7. Evitar el desgarre del periostio.^{12 28}

La reducción se puede realizar de forma cerrada o abierta por medio de una exposición quirúrgica. El procedimiento general se limita a fracturas recientes, cierto tipo de fracturas que son estables y aquellas que permiten ser palpadas fácilmente como sucede en perros y gatos pequeños.

Cada fractura es individual y requiere de un manejo diferente para realizar su reducción. De nuevo, el secreto en muchos de los casos consiste en aplicar una tensión para la reducción de los fragmentos fracturados.⁹

Palabras Claves: Metil Metacrilato, Barra Estabilizadora-Conectora, Clavos, Líneas de Fracturas, Fijación Esquelética.

II. INTRODUCCION

Posiblemente el método de fijación esquelética externa (FEE) sea actualmente la técnica de elección para la estabilización de fracturas de los huesos largos, (tibia y radio) y un mecanismo auxiliar para un número limitado de fracturas en humero y fémur y algunas fracturas de mandíbula, dada la sencillez de su aplicación así como a su bajo costo; debido principalmente a la introducción de barras conectoras fabricadas con metilmetacrilato (acrílico de uso dental de fragura rápida) y el desuso de las costosas barras conectoras con rotulas, desarrolladas en EUA por *Kirschner-Ehmer* hace algunos años, las cuales a decir verdad independientemente de que presentaban algunas desventajas también ofrecían algunas ventajas sobre las barras conectoras de acrílico. Estos sucesos han hecho que los fijadores esqueléticos externos hayan adquirido gran popularidad en todo el mundo en los últimos años, realizándose gran número de estudios experimentales sobre el diseño, mecánica, biomecánica y creación de nuevas configuraciones para cada hueso y para cada tipo de fractura. Cabe señalar que este método de estabilización a pesar de presentar tantas ventajas no debe ser visto como la única opción en la resolución de fracturas de huesos largos y mandíbula, sino simplemente como una opción más en el amplio menú de la cirugía ortopédica en caninos y felinos.

Cuando la fijación esquelética externa (FEE) es usada como un mecanismo primario de estabilización puede considerarse como el mecanismo ortopédico quirúrgico más biológico, debido a que el daño a los tejidos blandos y vasculares es nulo y no se destruye lo que la naturaleza ha realizado en dicho foco de fractura, optimizándose así los recursos biológicos.

Tal vez muchas de las complicaciones en los fijadores esqueléticos (FEE) en el pasado se debieron a una selección inadecuada de la configuración, una mala aplicación de la técnica.

III. OBJETIVO

Demostrar que es posible fijar las fracturas con un método poco traumático, alejado del foco fracturario, para evitar las complicaciones post operatorias de las técnicas tradicionales.

IV. ANTECEDENTE HISTORICO DE LOS FIJADORES ESQUELETICOS

La fijación esquelética externa (FEE) es un método de inmovilización que usa clavos percutáneos que se aplican en el hueso y se unen externamente con barras conectoras. El concepto de fijadores esqueléticos (FEE) aparece en trabajos de Malgaigne de la mitad del siglo XIX. Des de ese entonces los inventos desarrollados por Malgaigne sobre sistemas de fijación esquelética (FEE) fueron usados como método para el tratamiento de fracturas.¹⁰

La historia de los fijadores esqueléticos (FEE) comienza en el año de 1840, cuando Jean Francois Malgaigne desarrolla un dispositivo que consistía en una correa de cuero que se aplica alrededor del miembro afectado y que en el centro tenía un clavo atornillable que prevenía el desplazamiento de los fragmentos en las fracturas de tibia en humanos (figura 1).¹⁰

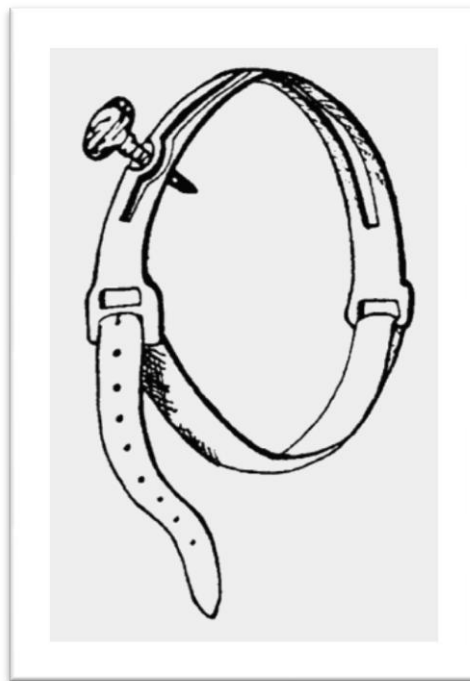


Figura 1. Primer dispositivo de fijación con correa de cuero y clavo que se fijaba en el miembro afectado

Más tarde él en 1843 introduce un nuevo dispositivo para mantener estables las fracturas de patela y este consiste en un clamp de metal ajustable que tenía en cada extremo 2 garras o ganchos transcutáneos (figura 2). El en ese tiempo describió dos problemas referentes a sus fijadores, el primero era que el paciente permitiera la introducción del clavo, y el segundo era que se requería una gran fuerza para la introducción del mismo, llegándose a doblar e incluso a romper además de causarle un gran dolor al paciente.¹⁰

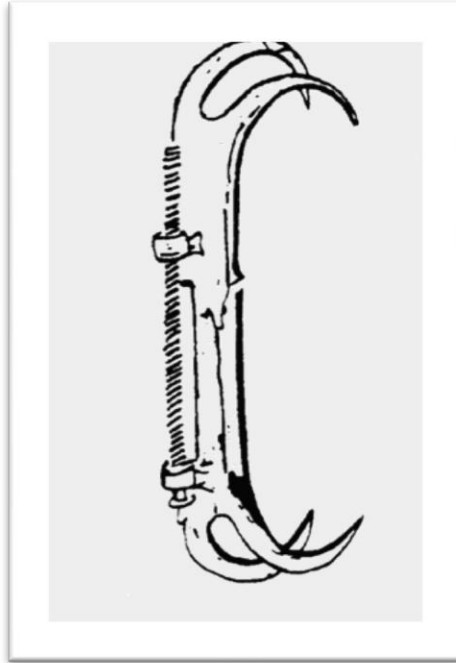


Figura 2. Clamp de metal ajustable con 2 garras o acho transcutáneo para fracturas de patela de 1843

En 1850 Rigaud de Stamburgo trato fracturas de olecranon usando dos tornillos fabricados de madera unidos por una simple cuerda, hecho que perfecciono en 1870 Berenger-Feround al unir ambos tornillos con una “barra conectora” de madera.¹⁰

Clayton Parkhill profesor de cirugía de la escuela de medicina de la Universidad de Colorado invento en 1897 lo que se puede llamar el primer fijador esquelético (FEE) que consistía en cuatro “alas” metálicas con un agujero en cada extremo las cuales se fijaban a cuatro tornillos de madera que eran introducidos transversalmente en el hueso, las 4 placas se mantenían fijas con una prensa doble (figura 3).¹⁰

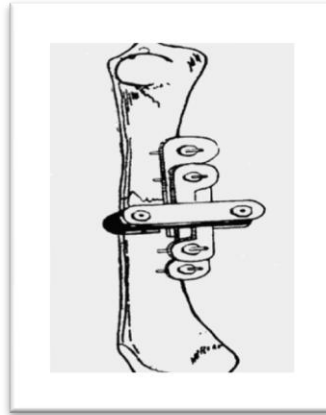


Figura 3. Primer fijador esquelético externo fijado con 4 tornillos de masera

En 1902, AlbinLombotte “el padre de la cirugía sistémica de las fracturas” desarrollo un FEE similar pero este contenía dos barras las cuales se unida a 4 tornillos metálicos montados en forma transversa al hueso (figura 4). Por los años veinte, un gran número de estudios sobre de adaptación de cavos y tornillos insertándolos en los fragmentos del hueso fracturado por medio de un control externo fueron publicados.¹⁰

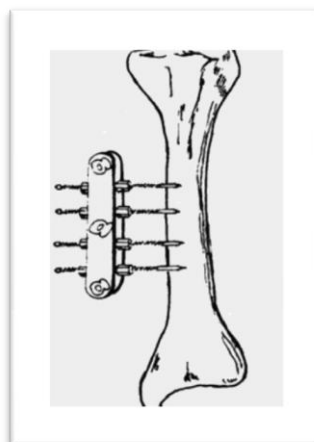


Figura 4. FEE que contiene 2 barras las cuales se unen a 4 tornillos metálicos montados en forma transversa al hueso

En 1928 se usó un dispositivo inventado por L. Bohle para reducir las fracturas aplicando tracción, y en este se usaban clavos Steinmanntransfictivos, los cuales mostraron ser relativamente benignos con este hecho se entró a una nueva era en el tratamiento de fracturas.^{10 14}

En 1938 RaoulHoffmann, desarrollo el primer fijador externo usando tres clavos transfictivos por fragmento unidos por un soporte rígido externo usando un seguro sistema de rotulas o clamps. Aunque este fijador fue usado comúnmente por Bélgica, Francia, Suecia y Suiza, el aparato fue desconocido en los EUA. El principio del uso de configuraciones triangulares con medios clavos fue introducido por Roger Anderson en 1936, quien cuatro años más tarde desarrollo un sistema con dos clavos completos unidos con dos barras conectoras.¹²

Fue hasta 1937 con Otto Stader que los fijadores esqueléticos (FEE) se comenzaron a usar en medicina veterinaria con buenos resultados, en 1940 Emerson AntonEhmer modifica un dispositivo desarrollado por Kirschner para uso humano dando origen al aparato de fijadores esqueléticos (FEE) Kirschner-Ehmer que es el que hasta la fecha se sigue usando en EUA.¹²

Durante la segunda guerra mundial los fijadores esqueléticos (FEE) fueron muy usados en los humanos con fracturas expuestas, desgraciadamente se aplicaban incorrectamente por diversas causas, lo que condujo un gran número de complicaciones por lo que su uso se llegó a poner en duda, reduciendo notablemente su utilización por muchos años.¹²

V. CARACTERISTICAS GENERALES

5.1. Clasificación macroscópica de los huesos

Los huesos del esqueleto se dividen según su forma y función. Pueden ser: Largos, cortos, planos, irregulares o sesamoideos.^{19 4}

Huesos Largos.- Son alargados, de forma cilíndrica y con sus extremidades ensanchadas; Estos se encuentran en los miembros torácicos y pélvicos, donde actúan como columnas de soporte y de palanca. La parte clínica llamada cuerpo es tubular y comprende la cavidad medular que contiene la medula ósea.¹⁹

Huesos Planos.- En estos huesos predominan 2 caras, de las cuales 1 es para la inserción de músculos y la otra es para proteger los órganos que cubren, como la escapula y hueso del cráneo.¹⁹

Huesos Cortos.- Carpo y tarso (sesamoideos), son de dimensiones similares en longitud, anchura y grosor. Su función consiste en amortiguar los choques, también se incluyen los sesamoideos que se forman en algunas articulaciones.¹⁹

Huesos Irregulares.- Vertebrae y 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

5.2. Clasificación microscópica de los huesos

Para el histólogo, solo hay dos tipos de huesos 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 circunferencia).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 pos-fetal aparecen en los procesos de neoformación ósea durante la reparación de fracturas o en los sarcomas osteogénicos. Por tanto, puede considerarse como un tejido provisional que será remplazado por el tejido óseo laminar más 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.³¹

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 la homeostasis de calcio.¹⁴

VI. PRINCIPALES CARACTERISTICAS HITOLOGICAS 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 último, los osteoclastos, células gigantes situadas en los lugares donde el hueso es degradado y absorbido.¹

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; consta principalmente de matriz, sales inorgánicas y agua. Las sales inorgánicas se depositan en la matriz orgánica del hueso formada por proteínas, incluyendo enzimas, glicoproteínas y proteoglicanos y carbohidratos como glucógeno, así como pequeñas cantidades de lípidos y otras sustancias.¹

6.1. Componentes histológicos del hueso

a) Matriz ósea.

La matriz es la armazón 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 amoniacos y por su insolubilidad relativa en soluciones salinas y en los ácidos débiles; y de una pequeña cantidad de proteínpolisacárido y alguna cantidad de glicoproteínas, que disminuye a medida que tiene lugar la mineralización.¹⁸

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 osteoides. Una vez mineralizada la sustancia intersticial, solo se denomina osteocitos. El osteocito es menos activo que el osteoblasto.¹⁸

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.¹⁸

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 esta, forman canalículos que formaran parte de la circulación intraosea.¹⁸

c) Osteoblastos.

Son los formadores del hueso. Secretan tropocolágeno y glucosaminoglucanos ávidos. 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, porque los osteoblastos y osteoclastos se nota mucho sobre esta superficie en periodos subsecuentes.²⁴

La actividad secretora del osteoblasto es bifásica. La primera fase incluye la síntesis y secreción de materiales orgánicos. La tropocolágeno se polimeriza fuera de la célula y se orienta en forma ordenada. La primera fase culmina en la formación de suturas osteoide. La segunda fase es la mineralización del osteoide.²⁴

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 la minares del hueso maduro. Cualquier ruptura o alteración de este orden puede tener efectos muy importantes sobre la cantidad y calidad del hueso en formación.²⁴

A medida que los osteoblastos secretan sus productos y se retraen ante el frente de avances del osteoide, algunas de las células (cerca del 10%) quedan enclavadas en sus productos de secreción. En este punto los osteoblastos se denominan osteocitos.¹²

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. Libera ácidos orgánicos (citrato y lactato), que disminuye el pH del microambiente. Estos ácidos disuelven el mineral óseo y mejora la actividad de las enzimas lisosomales que liberan hidrolasas ácidas, que hidrolizan en forma activa la matriz orgánica. El proceso de remoción ósea, mediado por los osteoclastos, se denomina osteoclasia.¹⁴

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 endocronal.¹⁴

6.2. Organización del hueso

a) Periostios.

Es la cubierta externa del hueso. Cubre el hueso en su totalidad, excepto en las superficies articulares. Este está formado por una capa fibrosa y una celular. La fibrosa es de tejido conjuntivo, fibroso, blanco, denso y se considera la capsula del órgano. La capa celular de periostio consiste en células mesenquimatosas, osteoprogenitoras, osteoblastos y osteoclastos. Las células del 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 periosteal nuevo.¹⁹

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, porque 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 límite periférico de la cavidad medular. El trabecular es la envoltura que cubre 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 metafisis.¹⁹

c) Hueso Cortica (compacto)

El hueso compacto es una masa ósea continua que contiene conductos vasculares de tamaño microscópico conectados entre sí. 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 osteogénicas.¹⁹

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 comprensión de distintas situaciones.¹⁹

d) Hueso Esponjoso.

Está compuesto (dispuesto) por una red de trabéculas (especulas) óseas, limitadas por células osteogénicas formando espacios que contienen tejido medular.¹⁹

Los bordes de tejido óseo están limitados por células osteogénicas. El hueso esponjoso consta de trabéculas óseas de formas y grosores variables que se cruzan y unen, cuyos espacios están rellenos con médula ósea.¹⁸

El hueso esponjoso muestra reacciones similares al cortical. La relación del 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 las superficies de las trabéculas. Las propiedades del hueso esponjoso están determinadas por la densidad y por la arquitectura del hueso.^{19 18}

La menor masa del 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 metafisiario o epifisiario en relación con la diáfisis. (figura 5.)¹⁸

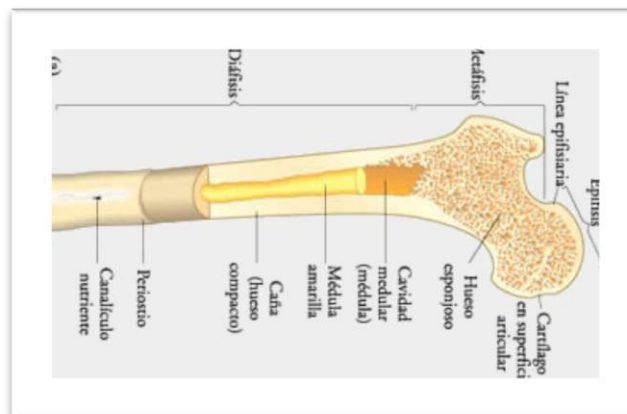


Figura 5. Esquema de organización del hueso

VII. BIOMECANICA DEL HUESO

7.1. 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 cortical y compresión en la otra. El hueso es más fuerte en compresión y más débil en tensión.²²

Estas son: osificación endocondral, remodelado interno, moldeado, 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.²²

La dinámica estudia la acción de la fuerza 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 la fuerza que la origina.²²

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.²²

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 endostio.²²

El descubrimiento de que las células óseas se comunican por medio de los aminoácidos excitadores, que previamente solo se pensaban 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.²²

7.2. Propiedades mecánicas del hueso

Una de las propiedades físicas más importantes del hueso es su densidad, porque 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.^{22 31}

El hueso es un material complejo compuesto mayoritariamente de fibrillas organizadas de colágeno y de una matriz mineral de hidroxapatita. Aunque existen muchos otros componentes, estos dos constituyen de manera significativa al comportamiento mecánico del hueso.²²

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 a 45° del eje mayor.³⁰

Como los cristales minerales son mucho más resistentes a la compresión que las fibras de colágeno, las cargas agudas compresoras son mucho mayores que las cargas de rotura medidas en evoluciones de tensión.²²

VIII. TIPO DE FUERZAS QUE ACTUAN 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 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 intentado 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.³¹

b) Compresión.

También actúa en el eje largo del hueso intentando acortarlo, intervienen en las fracturas por impacción 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. La tensión y la compresión son dos de los tipos de fuerzas más importantes que influyen sobre la integridad y orientación espacial de los huesos. También influye la resistencia al deslizamiento flexión y fuerza de torsión.³¹

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, aun 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 sobre la superficie convexa.³¹

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.²²

e) Torsión.

Actúa sobre el eje largo del hueso e interviene en las fracturas espirales.

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 releva por el modo mediante el cual responde al incremento de la carga. En los animales, existen pocos procesos en los que se necesiten 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. 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.³¹

IX. CICATRIZACION OSEA

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 de 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 tiene los huesos en diversas partes del esqueleto; por ejemplo, huesos del cráneo. La mayor parte de las investigaciones se ocupa de los últimos, para importancia que tienen en mantener la función de locomoción, movimiento y carga de peso.¹⁴

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 mecanismos de tal remarcable respuesta implican el crecimiento, la modelación y la remodelación ósea. El control de la reparación de la fractura está sometido, por lo tanto, a las mismas influencias locales sistémicas capaces de afectar al hueso en otras circunstancias.^{14 12}

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.^{14 22}

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.^{14 28}

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 fracturas sin la intervención de ningún otro tipo de tejido (estructura cartilaginosa intermedia de sostén o callo). Esto solo se consigue cuando en un foco de fractura se dan en las siguientes condiciones.³²

1. Buen aporte sanguíneo.
2. Ausencia de micro-movimientos.
3. Perfecta reducción de los bordes de la fractura.
4. Pronta estabilización.
5. Existencia de fuerzas de compresión sobre la línea de fracturas.³⁰

Se demostró que en condiciones de absoluta estabilidad, tanto los fragmentos de hueso esponjoso como cortical consolidan por una unión ósea.³⁰

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.³²

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.³²

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.³⁰

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 placa, que curan por unión directa, son más débiles que el hueso colindante y tardan más en unir que las curadas por unión indirecta.²²

Una acelerada remodelación haversiana fue observada a lo largo del endosito 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.²¹

La restauración de fracturas en presencia de fijación interna de rigidez variable sigue en el mismo patrón que el mecanismo espontáneo, pero puede reducirse a un solo paso si hay suficiente estabilidad.³⁰

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.²³

La compresión inter-fragmentaria 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, el argumento de que la ausencia de callo puede ser explicada por el trauma quirúrgico del periostio.

Existen circunstancias en las cuales la presencia del callo de fracturas es un grave obstáculo para restablecer función. Este es el raro caso de las fracturas de diálisis 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.³²

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.³⁰

En la cicatrización de segunda intención, al repararse la fractura, esencialmente, se repite la osificación endocondral.³²

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.²⁸

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...) ³⁰

Es circunstancias normales, después de una fractura, existe cierto grado de inestabilidad de los extremos óseos. El movimiento entre los huesos no permita la formación inmediata de nuevo hueso. Por lo tanto, los fibroblastos producen tejido fibroso en el coagulo organizado de alrededor de la fractura. ³²

El proceso de organización, se produce una invasión de capilares y una angiogénesis, de tal manera que otras células precursoras acceden al coagulo a partir de la circulación. El tejido fibroso estabiliza lo suficiente la fractura para permitir la supervivencia del cartílago, y se produce una fuente 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. ³²

Esta consolidación indirecta de la fractura es biológicamente un proceso sensible. Puesto que el coagulo forma una masa alrededor del lugar de las fracturas, el callos 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 normal. ²⁸

La fuerza mecánica que supera a la tolerancia distensional del hueso ocasiona fracturas y lesiones 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 ruptura 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. ²⁸

9.2. Fases de reparación

Para facilitar su entendimiento, la reparación ósea se puede dividir en diferentes fases, que no terminan en forma abrupta, sino que se superponen una con otra.¹

Fase de Impacto

El hueso absorbe la energía hasta que se presenta la fractura. La cantidad de energía es proporcional al volumen óseo. Cuando se presenta la fractura, la energía se libera hacia los tejidos adyacentes, por lo que, en las fracturas conminutas, el daño al tejido blando es mayor.¹

Por lo tanto 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. También se fracturan en tensión. El impacto no solo 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 vascular¹.

Bajo situaciones específicas, puede anticiparse lo siguiente: después del impacto, habrá lesión de los tejidos suaves que rodean al hueso y se inflamaron. 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 es de 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 es dentro. Del hueso viable adyacente al borde de hueso muerto del sitio de fractura.¹

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 han comentado mucho sobre la utilidad del hematoma, atribuyéndole la función de conferirle cierta fijación 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.¹

Fase de Inducción

Esta es la fase menos diferenciada, ya que se presenta desde el momento de la fractura hasta el final de la inflamación. Después del traumatismo, las células que están en el foco y adyacentes a la fractura son inducidas a formar hueso nuevo. Este estímulo es multifactorial y comprende enzimas, pH y cambios en la tensión de oxígeno. También se han citado sustancias morfogénicas.^{1,4}

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 los que se anastomosan con los vasos, en cuyo interior continúa la corriente sanguínea.¹

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 médula que rodea la línea de fractura.⁴

En el caso de una fractura que ha sido inmovilizada se inicia, dentro de las primeras 8 a 12 horas, con seguridad la estimulación de los factores mitógenos, la proliferación de las células condrogénicas y osteogénicas en las dos capas externas del periostio y de los fibroblastos de su capa externa.^{4,5}

Fase Inflamatoria

Después de la fractura, el hueso se daña al igual que el periostio, los músculos adyacentes y los vasos sanguíneos, lo que produce hemorragia que después se convierte en coágulo. La privación de oxígeno y de nutrientes ocasiona que los osteocitos de los bordes de la fractura mueran, así como las células del periostio y de la medula. La presencia de este material necrótico produce una aguda respuesta inflamatoria, la cual incrementa la vasodilatación y la exudación plasmática, produciendo el edema que se presenta en una fractura fresca. Durante esta fase, los macrófagos migran al foco de fractura.⁶

El papel que juega el hematoma en la reparación de una fractura se mantiene en debate. Lexter sostienen que no pasa de ser un material de desecho y Phemister cree que la fibra del hematoma puede estimular la regeneración celular y favorecer la inmovilización de los fragmentos. La mayoría de los investigadores están de acuerdo en que el papel mecánico del hematoma es de poca importancia en la inmovilización de la fractura, pero que es una fuente importante de precursores que favorecen la reparación.⁶

Fase de Reparación

En esta etapa el hematoma se organiza y se involucran células pluripotenciales de origen mesenquimatoso. Algunas de estas células se originan del *cambium*, que es una capa del periostio, la cual es activa en los animales jóvenes. En forma posterior, se lleva a cabo la vascularización, a partir de las arteriolas periostiales en su mayoría. A continuación las células invaden el hematoma y se da origen al tejido conocido como callo y que está formada por tejido fibroso, cartílago y hueso inmaduro. El hueso se forma por aquellas células que reciben suficiente oxígeno y el estímulo mecánico adecuado.⁶

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 endósteo. En este momento produce una inflamación 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 hueso del tejido predominante va depender principalmente de dos factores, fuerzas que actúan sobre el foco de la fractura. La formación del callo óseo comienza con la llegada de células mesenquimales indiferenciadas a nivel de 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 este por tejido óseo.⁶

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 fibro-celular de expansión que se forma desde las cubiertas endostial y periostial y termina con el depósito de hueso a través del espacio fracturado.⁶

La formación de hueso durante la consolidación de la fractura, tanto endocondral como aposicional, produce la situación 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 musculo y de los tendones.⁶

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

Tipo de callo:

Callo Periostial.

Es la primera unión que se produce al nivel de un foco de fractura. Su formación comienza a cierta distancia de la línea de fractura. Su formación comienza a cierta distancia de la línea de fractura justo por detrás del tejido necrótico del borde de la fractura; esta 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 de la fractura.⁷

Esta actividad osteogénica culmina con la formación de nuevo hueso. 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.⁶

Callo medular.

Se forma a partir de células del canal medular y de osteoblastos procedentes del endostio. No suele ser muy apreciables mediante radiografías. Su sistema vascular corre a cargo de vasos procedentes de la cavidad medular. El callo, que también se desarrolla alrededor de los fragmentos y entre ellos, forma un puente por medio del cual se unen los fragmentos, se denomina callo interno.⁷

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 Osteogenesis 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.⁶

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.⁶

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.⁷

Fase de Remodelación

En 1892, Wolff reconoció que la arquitectura ósea comprende a las necesidades mecánicas del sistema. La remodelación de una fractura se lleva a cabo durante un prolongado periodo. En humanos, se aprecia una actividad ósea incrementada en el sitio de la fractura, hasta seis a nueve años después de presentarse la unión clínica.⁶

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 reabsorben 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.⁷

X. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA REPARACION DE LAS FRACTURA.

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 sanara, 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.¹⁵

Edad; Los animales más viejos tienden a una actividad osteogénica menor que los jóvenes.

Enfermedades; una enfermedad, puede alterar de manera significativa a la reparación de la fractura.¹⁵

Hormona De Crecimiento; La hormona del crecimiento (hormona somatotropica, STH) es causa de aumento del hueso principalmente de origen endóstico, si bien aumenta a si mismo la formación de hueso periástico e intracortical.¹⁶

La Hiperemia (congestión, disminución de la velocidad de la corriente sanguínea) provoca reducción de la Osteogenesis. El traumatismo o la infección es causada 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.¹⁵

Otros factores generadores de anomalías son las lesiones traumáticas en las placas de crecimiento; por ello, se suspende, aunque solo temporalmente, el suministro de oxigenación y de nutrimentos que requiere el tejido de neo-formación. Los defectos en el aporte sanguíneo en la región metafisiaria a causa de fracturas han demostrado restringir la mineralización, la invasión vascular del cartílago y favorecer incrementos de crecimiento localizados con persistencia temporal de células hipertróficas.¹⁵

XI. FRACTURAS OSEAS

Una fractura es la pérdida completa o incompleta en la continuidad del hueso cartílago o ambos.²

Esta es acompañada por diferentes grados de daños a los tejidos blandos circundantes, incluyendo el riego sanguíneo. El manejo de la fractura debe tener en consideración, la condición local y general del paciente.²

11.1. Clasificación de las fracturas.

Las fracturas deben ser clasificadas tomando en cuenta diferentes criterios, todos ellos esenciales para describir la fractura.²

11.1.1.Causa de la fractura

- A. **Por Traumatismo aplicado directamente al hueso.** Las estadísticas indican que de un 75% a un 80% de todas las fracturas son causadas por atropellamiento.²

- B. **Violencia indirecta.** La fuerza se transmite a través de los huesos o músculos a un punto distante en el cual ocurre la fractura, por ejemplo, fractura del cuello del fémur, avulsión de la cresta tibial, fractura de los cóndilos femorales o humerales.²

- C. **Enfermedades del hueso.** Varias enfermedades de los huesos pueden causar destrucción de los huesos o pueden debilitarlos a tal grado que un ligero traumatismo puede ocasionar una fractura, por ejemplo neoplasias óseas, alteraciones nutricionales que afecten al hueso.²

- D. **Tención repetida.** Las fracturas por fatiga son encontradas con mayor frecuencia en los miembros anteriores y posteriores, por ejemplo: fractura del hueso central del tarso en Greyhounds.²

11.1.2. De acuerdo a la presencia o ausencia de una herida que comuniquen al exterior.

Fractura cerrada

Es la fractura en la cual los fragmentos están rodeados de musculo y piel, no hay herida y no comunica con el medio exterior.³

Fractura abierta

Es la fractura con comunicación con el medio exterior, no importando el tamaño de la herida. Si hay comunicación con el exterior se considera fractura expuesta. Estas fracturas son muy susceptibles de contaminarse o infectarse y en el mejor de los casos la cicatrización puede complicarse y retardarse.³

- a) **Grado I:** la herida es menor de un centímetro es una fractura producida desde adentro hacia fuera provocada por un fragmento de hueso que daña el tejido blando que lo rodea.³
- b) **Grado II:** la herida es de 1 a 3 cm. La fractura es provocada de afuera hacia adentro por penetración de un cuerpo extraño, con contusión en la piel y daño muscular reversible. Puede haber poca pérdida de hueso o tejido.
- c) **Grado III:** la herida es mayor de tres centímetros. Existe pérdida de piel, tejido y material óseo que puede ser grave.³

11.1.3. De acuerdo con la extensión del daño

Fracturas Completas

Son aquellas en las que hay pérdida de continuidad completa del hueso y se pueden clasificar según la forma o la dirección que muestre la línea de fractura.³

Fractura Conminuta

Implica al menos tres fragmentos; la línea de fractura en cada fragmento puede ser transversa, oblicua o espiral. Estas fracturas son causadas por traumatismos graves como accidentes automovilísticos.³

Fractura Múltiple

Esta es una fractura con tres o más fragmentos en un hueso y no hay conexión entre las líneas de fractura. El término de fractura múltiple se usa cuando hay dos fracturas independientes que afectan el mismo hueso. Como ejemplo, puede ser una fractura proximal del hueso y otra en la parte distal³

Fractura Impactada

Se presenta cuando un fragmento de la fractura, generalmente cortical, es impactado en hueso esponjoso. Habitualmente, estas fracturas ocurren en los extremos de los huesos largos. Son poco comunes en las pequeñas especies.³

Fracturas por Compresión

Las fracturas por compresión son similares a las fracturas impactadas, pero el término se utiliza cuando el hueso esponjoso se colapsa y se comprime dentro de sí mismo. Esto ocurre principalmente en los cuerpos vertebrales y es secundario a trauma espinal; frecuentemente el área de la fractura está destruida debido a aplastamiento.³

Fracturas Incompletas

Se denomina así las fracturas en las cuales la pérdida de continuidad del hueso no es completa, y por lo tanto parte del hueso se mantiene intacta.³

Fractura en rama verde

La fisura se forma en una corteza del hueso y la fractura está rodeada por periostio intacto; el hueso puede tener líneas de fisuras simples o múltiples de cualquier configuración (transversa, oblicua, espiral, longitudinal o radial desde un punto central). La fractura en rama verde presenta como característica que el hueso mantiene su forma normal.³

Fractura por Depresión

La fractura por depresión comprende zonas en donde múltiples fisuras se intersecan. Si se imprime suficiente fuerza, se puede causar una depresión del hueso. Estas fracturas ocurren principalmente en el *calvarium*, en el maxilar o en el hueso frontal.³

11.1.4. De acuerdo con la dirección y localización de la línea de fractura.

Transversa

El ángulo de la línea de fractura es transversa con respecto al eje del hueso; la superficie de la línea puede ser lisa, rugosa o dentada. Estas fracturas son causadas por fuerzas de doblamiento³

Oblicua

El ángulo es igual o mayor a 30 grados con respecto al eje del hueso. Este tipo de fracturas son resultado de fuerzas de doblamiento donde los fragmentos tienden a deslizarse a menos que se mantengan estables por medio de una fijación.³

Espiral

La línea de fractura es espiral, a lo largo del eje longitudinal del hueso. Tienden a tener salientes Oseas, por lo que se acompañan con frecuencia de trauma en tejido blando o exposición al medio ambiente; este tipo de fractura es resultado de una torsión.³

Fisaria o de Salter-Harris

Este tipo de fracturas se presentan en pacientes cuyo esqueleto esta inmaduro.³

Tipo I. esta fractura se aprecia separación y desplazamiento de la fisis.

Tipo II. Se fractura una esquina del hueso metafisiario, con desplazamiento de la epífisis respecto de la metáfisis en la placa de crecimiento.

Tipo III. La fractura se localiza a través de la epífisis y parte de la placa de crecimiento, pero la metáfisis está intacta.

Tipo IV. Esta fractura se localiza a través de la epífisis, placa de crecimiento y metáfisis; pueden observarse varias líneas de fractura.

Tipo V. esta fractura presenta compresión o impactación de la epífisis.⁴

Diafisiarias

Fracturas que se localizan en el tercio proximal, medio o distal de la diáfisis del hueso afectado.³

Metafisiarias

En este grupo se incluye cualesquiera fracturas en la metáfisis de los huesos largos.⁴

Condilares

Son fracturas que se localizan en los extremos distales del humero o del fémur o en la tibia proximal. Dependiendo del cóndilo afectado, pueden ser mediales o laterales y en el caso de que se involucren ambos cóndilos, se denomina supracondilares o intercondilares, como línea de fractura en V, Y o T.⁴

FRACTURA ARTICULAR

En la que se involucra hueso subcondral y cartílago articular.

Fractura por Avulsión: son fracturas causadas por contracción muscular y que tienden a desplazarse en dirección del musculo que causa el daño.⁴

Fracturas-dislocaciones: son fracturas que provocan inestabilidad articular, ya sea subluxación o por luxación de la zona afectada.⁴

Fracturas patológicas

Las fracturas patológicas son consecuencia de una enfermedad ósea o sistémica y, con frecuencia, con solo el peso del paciente se provoca la lesión. Los tipos de patología son: neoplasias, quistes óseos, huesos osteoporotico secundario o hiperparatiroidismo nutrimental, osteomielitis. Cualquier hueso puede estar afectado y se deben tomar las medidas necesarias para tratar la enfermedad primaria para después poder atender la fractura.⁴

11.1.5. De acuerdo con la estabilidad de la fractura después de la reducción a su posición anatómica normal.

Estable. Los fragmentos de entrelazan y existen las fuerzas de acortamiento. Por ejemplo: fracturas transversas, en rama verde e impactada entre otras.⁸

El objetivo primario de la fijación es evitar la deformidad angular.

Inestable. Los fragmentos no se entrelazan y por lo tanto se desplazan. Por ejemplo una fractura oblicua, espiral o múltiple. La fijación está indicada para mantener la longitud y prevenir la rotación⁸

XII. PRINCIPIOS BASICOS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS FRACTURAS

12.1. EL ACRILICO

El material usado para la fabricación de las barras conectoras es un acrílico de uso dental de nombre metilmetacrilato de fraguado rápido. La porción para realizar la mezcla es de 2 partes de polvo por una de líquido acelerado, la cual debe de ser hecha en un recipiente liso de vidrio, acero inoxidable o porcelanizado, los recipientes de hule que se venden en depósitos dentales, carecen de utilidad pues el acrílico se adhiere con facilidad a ellos, resultado imposible su limpieza.⁵

Una vez vertido ambos elementos en el recipiente se debe mezclar o batir perfectamente con un abatelenguas de madera por un lapso de 2 a 3 minutos, transcurrido este tiempo notaremos q adquiere una consistencia de masa, es ese momento con el abatelenguas debemos concentrar rápidamente todo el material en un punto del recipiente, acto seguido lo vaciaremos en la palma de la mano y se le dará la forma deseada.(figura 9).⁵

No es recomendable recoger la “masa” del recipiente con los dedos pues esta acción hace que se desperdicie mucho material y que los dedos queden llenos de acrílico lo que nos impide moldear de manera adecuada la barra conectora. El humedecernos las manos o los guantes ligeramente con agua nos facilitara el moldeado. El tiempo de fraguado es de aproximadamente 8 minutos, pero una vez formada la masa la temperatura del acrílico comienza a elevarse en los próximos 2 a 3 minutos pudiendo alcanzar temperaturas superiores a los 100°C, por lo que es indispensable aplicar en la barra a las barras conectoras gases humedecidas con agua fría, pues la energía calórica generada es transmitida al hueso por medio de los clavos fijadores o intramedulares, pudiendo ocasionar termonecrosis. ⁵

Hay médicos que usan mangueras de látex o de plástico rígido, esta práctica resulta más engorrosa, además de que se pueden formar burbujas de aire en el interior de estas lo que hacen que existan puntos más débiles en la barra.⁵

Se ha demostrado mecánicamente que la forma cilíndrica es la que ofrece mayor resistencia en las barras conectoras.⁵

Respecto a que diámetro usar en las barras conectoras de acrílico, se ha propuesto fabricarlas de un diámetro similar al del hueso a tratar. A mayor diámetro en la barra conectora aumenta más su resistencia, aunque las fallas de estabilización no deben ser compensadas de esta forma, sino con el uso de una configuración adecuada a cada tipo de fractura.⁵



Figura 6. Metil metacrilati (acrílico dental) en preparación para la colocación del acrílico

12.2. Tipos de clavos para fijación externa

Una primera división de los elementos de sujeción al hueso de los fijadores externos debe realizarse entre agujas y clavos. Las agujas son, en general, lisas y de pequeño diámetro.¹⁹

Los clavos de fijación externa pueden ser los mas utilizados por tener un diámetro mayor que la agujas y tener en el extremo de la pinta una porción roscada.¹⁹

Los diferentes diseños de los diminutos clavos, de las que se hablan condicionaran tanto su método de inserción como sus características biomecánicas. En función de la inserción se puede hablar de clavos autoperforantes y no autoperforantes. Los segundos requieren la perforación previa de un canal en el hueso mediante una broca, mientras que el diseño de la punta de los autoperforantes es capaz de taladrar el hueso directamente.¹⁹

Las puntas perforantes suelen presentar varios bordes de cortes (generalmente dos o tres) y canales para la eliminación de los detritus de la perforación, cuya acumulación aumenta mucho el esfuerzo de inserción con la temperatura.

Los clavos de uso mas extendido hoy dia requiere un taladro previo, lo cual, aparte de las ventajas biomecánicas, permite que su punta sea roma, limitando el riesgo de lesionar estructuras vasculonerviosas al atravesar la cortical de salida.¹⁹

La rosca puede estar diseñada para ser presa en una cortical o en las dos corticales. Los clavos bicorticales pueden ser de rosca continua o de rosca interrumpida, con la idea de que el freno al avance del clavo por la perforación de la segunda cortical, no signifique la destrucción de la rosca labrada en la primera cortical. Los clavos de rosca unicortical tienen una rosca corta con la intención de fijarse solo en la cortical de salida o más raramente en la de entrada.¹⁹

Los clavos también se clasifican por su método de implantación:

- a. Por su extensión: medios clavos o clavos completos
- b. Por su característica de diseño: con cuerda o lisos
- c. Por su nombre propio: de Steinmann o de Kirschner¹⁹
- d.

Entre las varillas de Kirschner encontramos las siguientes medidas:

- a. Varilla de Kirschner 0.062 mm
- b. Varilla de Kirschner 0.045 mm
- c. Varilla de Kirschner 0.035 mm¹⁹

Entre los clavos Steinmann encontramos las siguientes medidas:(figura 7)

- a. Clavos Steinmann 1.98 mm
- b. Clavos Steinmann 2.38 mm
- c. Clavos Steinmann 2.77 mm
- d. Clavos Steinmann 3.17 mm
- e. Clavos Steinmann 3.57 mm
- f. Clavos Steinmann 3.96 mm
- g. Clavos Steinmann 4.78 mm¹⁹

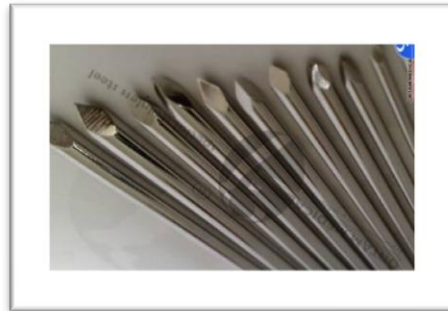


Figura 7. Clavos Steinmann

12.3. Nomenclatura

Aunque los Fijadores Esqueléticos Externos han sido usados desde hace muchos años en el manejo de fracturas, hasta hace poco tiempo no existía una verdadera clasificación. Inicialmente esta clasificación no fue necesaria pues existían pocos aparatos y únicamente una o dos configuraciones. Es entendible que la reparación de fracturas por este método se ha ido perfeccionando, por lo que el número de aparatos y configuraciones creció rápidamente.¹⁰

En primer lugar se clasificara los clavos, como medios clavos o clavos completos, cuando los clavos fijadores pasan a través de las dos cortezas de los huesos, pero solo atraviesa una superficie de la piel recibe el nombre de “medios clavos”. Cuando los clavos atraviesan ambas cortezas y también las dos superficies de la piel entonces se designa como “clavos completos”.⁵

Los FEE se clasifican básicamente en 3 tipos, tomando en cuenta sus características tridimensionales, de acuerdo al número de planos que ocupan como: uniplanares o biplanares; y considerando si ocupan el plano lateral o medial o ambos como: unilaterales o bilaterales; y cuando se aplican en todos los planos como tridimensionales.⁵

La configuración tipo I se refiere aquellos fijadores que solo usan “medios clavos”, es decir, atraviesan ambas cortezas del hueso, pero solo un plano con respecto al eje longitudinal del hueso. Este tipo de configuración fue sometido a pruebas mecánicas y mostro que no proveía una adecuada resistencia para la mayoría de las fracturas, consecuentemente el uso de esta no se recomienda a excepción de fracturas muy estables, específicamente transversas de radio y tibia frescas y exclusivamente en animales muy pequeños (máximo 4 Kg de peso).⁵

Los FEE tipo I pueden ser **la y lb**, los de tipo I solo usan una barra conectora que generalmente se monta en forma lateral o medial, aunque puede ser aplicada cranealmente o en cualquier otro plano (figura 8).⁵

Los tipo lb que conservan las mismas características, pero estos son aplicados en dos planos por lo que usa dos barras conectoras en forma paralela con una rotación axial de 60° a 90° una con respecto a la otra. Estos fijadores generalmente se aplican de la siguiente manera: una barra conectora en la cara lateral o medial y otra en la cara craneal. Al final las barras conectoras se unen formando un triángulo, el resultado es una configuración tipo I biplanar que es más resistente a la fuerza de tensión craneocaudal que es predominante en radio y en tibia. Esta resistencia no la ofrece las configuraciones tipo la. Esta configuración la y lb también pueden ser usadas como mecanismos de estabilización secundarios en forma conjunta con clavos intramedulares de Steinmann en fracturas estables de fémur y humero, así como para inmovilizar temporalmente una luxación, después de que ha sido reducida, sobre todo se ha usado exitosamente en articulación del codo.⁵

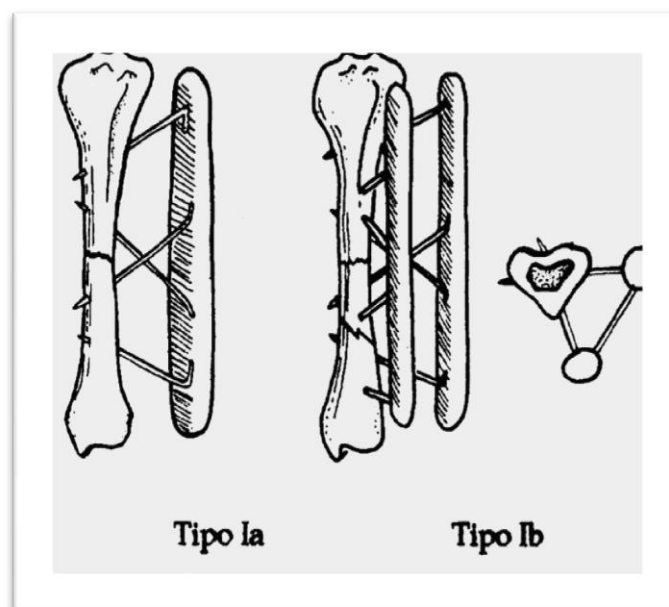


Figura 8. fijadores esqueléticos externos tipo I que son de forma sencilla la y lb forma doble.

Las configuraciones tipo II son aquellas que son bilaterales y se encuentran en un solo plano. En esta configuración se puede usar clavos completos o una combinación de clavos completos con medios clavos.⁵

Este es muy resistente a la fuerza compresiva, por lo que debe usarse en fracturas muy inestables en radio y tibia. (figura 9.)⁵

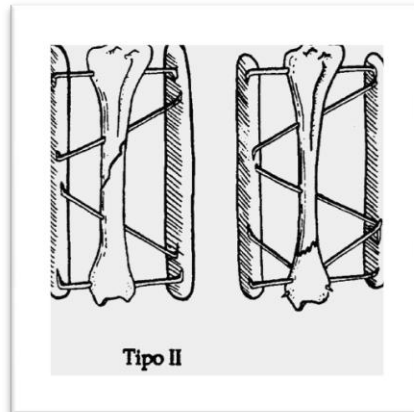


Figura 9. Nomenclatura bilateral en un solo plano tipo II

Los FEE III son una mezcla o combinación del tipo I y el tipo II y su montaje es bilateral y biplanar por lo que es una configuración tridimensional.⁵

Este tipo de configuración es la más rígida y es 10 veces más resistente a la compresión axial que la de tipo I, consecuentemente es usada en fracturas muy inestables, fracturas infectadas no uniones, artrodesis y cuando se requiere una fijación rígida prolongada. Este tipo de configuración no tiene límites más que los de la imaginación misma, pues dadas sus características los clavos fijadores pueden montarse en cualquier plano y las barras conectoras se pueden fabricar de las formas más caprichosas debido a las altas moldeabilidad del acrílico. (figura 10)⁵

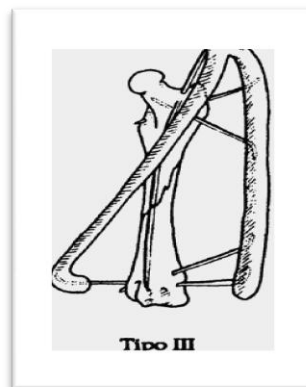


Figura 10. Combinación de nomenclatura tipo I y II

XIII. PRINCIPIOS BASICOS PARA LA REDUCCION DE FRACTURAS

La reducción de una fractura se refiere al procedimiento de regresar los segmentos fracturados a su posición anatómica original.⁷

Los huesos con músculos adheridos se asemejan a un sistema de placas y poleas. Los músculos se contraen constantemente (tono muscular normal), los flexores se oponen a los extensores equilibrándose en la articulación. Cuando un hueso se fractura, todos los músculos antagonistas se contraen provocando que uno de los fragmentos óseos cabalgue sobre el otro, además de un acortamiento del hueso. La contracción espástica muscular se intensifica por el daño de la región. La atracción causada por el espasmo muscular es constantemente y permanece aun bajo anestesia general. Inicialmente la contracción y el cabalgamiento son de origen muscular y responde a la anestesia general, a la tracción contraria y a algunos relajantes musculares. Después de varios días una reacción inflamatoria con sus cambios proliferativos provoca una contracción permanente, por lo tanto, mayor dificultad al intentar la reducción. La utilización de anestesia inalada es más recomendable que el uso de barbitúricos, ya que provoca una ligera relajación muscular.⁷

La adición de relajante musculares es útil para contrarrestar la contracción espástica cuando se utiliza con anestesia general y durante los tres primeros días después de que ocurrió la fractura.⁷

La cicatrización está influida grandemente por el manejo de los tejidos blandos, la irrigación sanguínea de los segmentos fracturados, la exactitud de la reducción y la eficiencia de la inmovilización, el cirujano es capaz de alterar a favor o en contra estos puntos arriba mencionados.⁷

El cirujano debe tratar de mejorar continuamente el manejo de los tejidos blandos, los siguientes puntos cardinales que deben ser tomados siempre en cuanta:

1. Estricta hemostasis: el sangrado activo debe ser controlado para así tener una buena visibilidad del campo operatorio. El control de las hemorragias es importante también para preservar la vida del animal y reducir algunas de las posibles complicaciones de la cicatrización.
2. Seguir las separaciones normales de los músculos y fascias.⁷
3. Si durante el abordaje quirúrgico es requerido seccionar músculos, esto deberá hacerse cerca de su origen o inserción, esto reduce el trauma y las hemorragias facilitando el cierre.⁷
4. Conocer la localización de los principales vasos y nervios
5. Evitar una atracción excesiva sobre los nervios, ya que esto puede provocar un daño temporal o permanente.⁷
6. Mantener las inserciones al hueso de los tejidos blandos en el proceso de reducción y fijación.⁷
7. Evitar el desgarre del periostio.
8. La utilización de equipo de succión es preferible al esponjeo para así minimizar el trauma de los tejidos blandos.

Lo ideal es una reducción anatómica de los fragmentos fracturados, de cualquier manera no siempre se requiere una reducción exacta, particularmente en fracturas diafisarias.⁷

Cuando una superficie articular se encuentra involucrada en la fractura, los fragmentos articulares deben ser reducidos anatómicamente para restituir la congruencia articular y así eliminar o disminuir el daño y una posible osteoartritis secundaria.⁶

La reducción se puede realizar de forma cerrada (sin incidir piel) o abierta por medio de una exposición quirúrgica. El secreto de la reducción consiste en aplicar una presión firme y constante por un periodo de tiempo.⁷

El procedimiento general se limita a fracturas recientes, cierto tiempo de fracturas que son estables y aquellas que permiten ser palpadas fácilmente como sucede en gatos y perros pequeños.⁷

Algunos métodos sugeridos son:

1. Aplicación de tracción, contracción y manipulación.
2. Aplicación de tracción, contracción y flexión.
3. Se usa el peso del animal para aplicar tracción y eliminar la contracción espástica de los músculos. Se requiere de 10 a 20 minutos para lograrlo y así la fractura podrá ser manipulada y reducida.
4. El uso de extensor de Gordon para lograr una buena relajación muscular al aplicar una tracción cuya fuerza se va incrementando paulatinamente por un periodo de 10 a 30 minutos.¹¹

La reducción abierta es la forma a elegir en muchas de la ocasiones, los fragmentos son reducidos bajo una visión directa y generalmente se aplica algún tipo de fijación para asegurar que la posición sea mantenida.¹¹

La técnica de reducción abierta es utilizada en gran número de casos, particularmente en fracturas muy inestables, las más complicadas, las que ocurrieron varios días antes y aquellas en las que la fijación está indicada.⁷

Algunas de las aproximaciones más comunes serán descritas en conexión con el tratamiento de fracturas que involucran a los diferentes huesos.⁷

Cada fractura es individual y requiere de un manejo diferente para realizar su reducción. De nuevo, el secreto en muchos de los casos consiste en aplicar una tensión progresiva por un tiempo para fatigar a los músculos y obtener una relajación para la reducción de los fragmentos fracturados.⁷

A continuación se presentan algunas sugerencias:

- a. Aplicar una palanca utilizando algún instrumento como lo es un osteotomo o un mango de bisturí.
- b. Aplicar una fuerza directa (utilizando fórceps de huesos) en uno o más de los fragmentos óseos.
- c. Aplicar una fuerza directa en ambos fragmentos óseos. Después de ser reducido por la aplicación de tracción, contracción y rotación conectiva, debe utilizarse un fórceps de autosostén para mantener la reducción mientras se fija la fractura.
- d. Al aplicar una fuerza directamente sobre ambos fragmentos óseos con la ayuda de unos fórceps para hueso y aplicación de una placa con osteotomo.¹¹

Los fragmentos óseos deben ser manipulados lo menos posible ya que puede ocasionarse fragmentaciones adicionales o una periostitis severa.

En la práctica diaria de la clínica de perros y gatos el tratamiento de fracturas y problemas ortopédicos es de gran importancia³²

XIV. FIJACION ESQUELETICA EXTERNA

14.1. Procedimientos generales para el montaje de FEE

1. Lo primero que se debe de realizar en casos de fracturas de tibia y de radio es colgar al paciente, tanto el miembro afectado como del miembro opuesto para lograr una buena alineación, cuando solo se cuelga del miembro fracturado se logra una alineación deficiente aproximadamente de 15° cuando se usan métodos cerrados o abiertos. Todo el procedimiento se realiza con el paciente colgado, se debe tener mucho cuidado, debido a que cuando se toma mucho tiempo en la cirugía o en el tiempo de colgado, pueden separarse mucho los fragmentos, favoreciendo esto una unión demorada o una no-unión. En el caso del fémur y el humero no es recomendable colgar al paciente, para perder la contractura muscular, ya que por mucho tiempo que se cuelgue la contractura no se perderá.³²

Para colgar al paciente se toma la tercera y cuarta falange con unas pinzas de campo a la altura de la articulación interfalangeana y se suspende de un portasueros. La alineación es fundamental para que la reducción tenga éxito. El tiempo que permanezca colgado el perro dependerá del grado de contractura el cual puede ser en un lapso de tiempo de 30 a 50 minutos. Se debe recordar que independientemente de realizar la reducción a foco cerrado o abierto (figura 11).³⁰

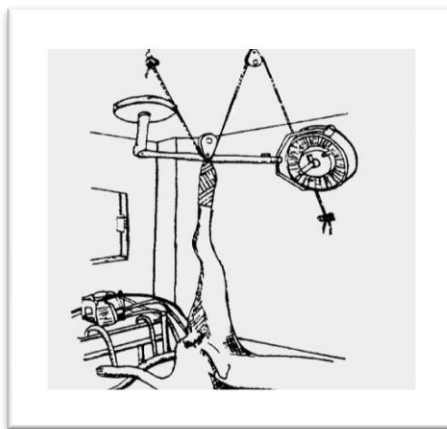


Figura 11. Colocación del paciente para corrección de fractura por fijación esquelética externa

2. La aplicación de fijadores externos es un cirugía y todo el procedimiento quirúrgico se debe manejar asépticamente, por lo que hay rasurar, lavar y embrocarse, así como vestir quirúrgicamente al paciente, tanto el extremo distal del miembro como el cuerpo mismo del animal, dejando solo libre el área donde se va a trabajar.²³
3. Antes del montaje de los clavos se debe reducir el foco de fractura. Ya sea de forma abierta o cerrada, procurando que la superficie de contacto entre ambos fragmentos en el caso de animales menores a 6 Kg corresponda como mínimo al 50%, no así en animales cuyo peso sea superior en donde la superficie de contacto mínima deberá ser del 75 %, hay que recordar que este procedimiento en proyección radiográfica debe aplicarse tanto en la toma anteroposterior como mediolateral. En los casos que por error primero se apliquen los clavos fijadores percutáneos antes de reducir la fractura, lo que sucede es que la piel impide la reducción de esta, además de que los clavos fijadores pueden tensar aun más la piel y quedar en diversos planos en los que resulten muy difícil incluirlos en una sola barra conectora. A continuación se aplican los clavos percutáneos de fijación con una angulación de 20° a 40 ° hacia la metáfisis, mientras que los clavos internos pueden tener una angulación de 20° a 30 °.²³

El número de clavos fijadores por fragmento debe ser de 2 mínimos aunque se pueden aplicar 3 e inclusive 4. Cuando se aplican 2 clavos por fragmento, el calibre de estos debe corresponder a un 20 a 25% del diámetro de la diáfisis, a mayor número de clavos por fragmento puede reducirse en calibre de los clavos. Diversos estudios han demostrado que más de 4 clavos por fragmento no aumentan la rigidez del aparato.²³

La técnica original de aplicación es la siguiente:

1. Se debe realizar una pequeña incisión en la piel, en donde se decidió aplicar el montaje del clavo fijador.
2. Enseguida se disecciona el tejido blando.²⁰

3. A continuación se aplican los clavos, ya sea manualmente con un taladro de Jacobs o con un taladro inalámbrico de baja velocidad que no exceda 150 revoluciones por minuto. El uso de taladros de alta velocidad traen consigo un calentamiento del hueso y por lo tanto una termonecrosis alrededor de este, existe una actividad osteoclástica, y los calvos pueden aflojarse en un periodo de 2 a 3 días. Para evitar el sobrecalentamiento del hueso algunos autores aun sugerido que los clavos se congelen antes de ser aplicados. Aunque la instalación de solución salina fisiológica estéril alrededor de los clavos disminuye mucho el calentamiento. También ha sido reportado que el movimiento que se origina por el uso de taladro manual al ejercer una fuerza compresiva para que este penetre al hueso, ocasiona que el agujero se abocarde y el clavo se afloje prematuramente.²⁴
4. Una vez aplicados los clavos se procede a doblar los extremos usando un par de pinzas de presión, teniendo especial cuidado de no hacer palanca con el hueso usando una sola pinza de esta forma los extremos quedaran incluido en la barra conectora de acrílico, dándole mayor resistencia. Se debe tener especial atención en dejar un espacio de 1 a 1.5 cm entre la barra conectora y la piel. Otra consideración que debe que debe considerarse en el hecho que en caso de que la reducción se haya realizado a foco abierto, los clavos de fijación nunca deberán salir por la incisión de la piel que se realizo para la aproximación al foco de fractura debido a que esto facilita el drenado por este sitio, un retardo en el tiempo de cicatrización de los tejidos blandos y lo que es peor a un contacto más estrecho entre el medio ambiente y el hueso por medio de los clavos fijadores.²⁴

5. Acto seguido se procede a formar la barra conectora la cual se fabrica con un acrílico polimerizable para uso dental de fraguado rápido. Se ha reportado que la forma cilíndrica es la que brinda mayor resistencia a las barras conectoras. En caso de requerirse el rompimiento de estas se usa un disco para cortar metal el cual fractura rápidamente la barra conectora. El acrílico al empezar a fraguar eleva su temperatura hasta los 100°C aproximadamente, por lo que es necesario aplicar alrededor de los clavos fijadores compresas de agua fría, para evitar que transmita el calor al hueso por medio de estos, produciendo termonecrosis y en consecuencia un aflojamiento prematuro de los clavos.²⁵

Las barras conectoras deben ser cubiertas con vendas de gasa o elástica para evitar que se enganchen en algún sitio ya que el animal al tratar de safarse, puede aflojar los clavos y desestabilizar todo el fijador. (figura 11)

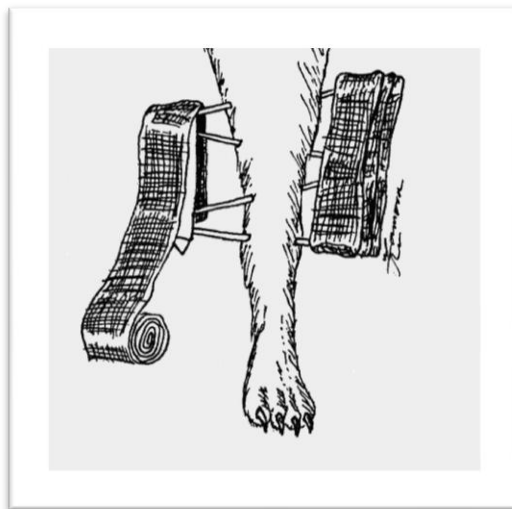


Figura 12. Colocación del vendaje post operatorio para la protección y cuidado de la cirugía

XV. ABORDAJE QUIRURGICO

El conocer las principales estructuras en un acercamiento óseo es importante en ortopedia, ello nos permite trabajar con mayor seguridad y nos previene de daños vasculares y nerviosos de consecuencias indeseables.¹⁹

A continuación se indica los pasos a seguir en cuatro diferentes acercamientos, pero la realidad visual sobre el campo operatorio difiere a como se presenta en los esquemas, esta es cambiante conforme avanza el tiempo; inclusive algunas veces el cirujano se abre paso en los primeros planos prácticamente a “ciegas”, pero apoyándose en la posición que virtualmente deben guardar los elementos anatómicos.¹⁹

Los eventos que en conjunto modifican lo esperado por el cirujano en una reducción y por ende dificulta su proceder son:

- Ruptura vascular ósea o muscular, con la consecuente formación y la inflamación de tejidos blandos adyacentes al sitio de fractura.
- Contractura muscular.
- Sobre posición de los extremos fracturados (extremos cabalgados).
- Adhesiones de tejidos conectivos en la superficie de los extremos fracturados y en los fragmentos libres (adherencias).
- Adhesiones o clavado de los bordes de la fractura en musculatura periférica y el consecuente descubrimiento de los mismos.
- Formación de consolidaciones primarias en la superficie de los extremos involucrados (callo óseo).
- Estos eventos se ordenaron en forma progresiva conforme pasa el tiempo, por lo que se desprende que la “facilidad” del procedimiento es mejor en cuanto se inicie la reducción.¹⁹

MIEMBRO TORACICO

1. Acercamiento lateral a la diáfisis del humero.

Para reducir la fractura y colocar clavo intramedular y/o FEE

Incidir la piel a lo largo de la superficie lateral del humero. El nivel de corte y la longitud del mismo puede variar dependiendo del sitio de fractura o de la extensión de la misma; en términos generales el corte se inicia proximalmente y se dirige distalmente.²⁶

Se incide la tela subcutánea (identificar vena cefálica, paralela al musculo braquiocefálico).²⁶

Por disección roma se separa el musculo braquiocefálico de la musculatura adyacente. Igualmente se separa el musculo braquial del humero (identificar nervio radial, emerge entre el musculo braquial y el musculo tríceps cabeza lateral)²⁶

Para exponer el sitio de fractura, el musculo braquial y la cabeza lateral del musculo tríceps son retraídos caudalmente, mientras que al musculo braquiocefálico se le retrae cranealmente. Algunas veces se requiere incidir la inserción en el humero del musculo pectoral superficial.²⁶

2. Acercamiento medial a la diáfisis del radio.

Para fijadores esqueléticos externos

Incidir la piel a lo largo del borde medial de radio

Se incide la fascia profunda entre el musculo extensor carpo-radial y el musculo prona (identificar arteria radial, corre inmediatamente por debajo del borde medial del radio; arteria y nervio medianos, caudales al radio y profundos a los músculos y tendones de los músculos flexores).²⁷

Se retrae cranealmente los músculos externos para una mejor exposición del cuerpo del radio. Si es necesario se puede retraer caudalmente el musculo pronador redondo.²⁷

MIEMBRO PELVICO

1. Acercamiento lateral a la diáfisis del fémur.

Para reducir la fractura y colocar clavo intramedular y/o FEE

Se incide la piel de la superficie craneolateral del musculo, paralelamente al cuerpo del hueso.²⁸

Se incide la tela subcutánea. En el mismo sentido se incide la fascia lata (hojas superficiales y profundas)²⁸

El musculo bíceps femoral se retrae caudalmente y el musculo vasto lateral junto con la fascia lata son retraídos cranealmente. De esta manera se expone el cuerpo del fémur. El nervio isquiático se localiza profundo al musculo bíceps femoral.²⁸

2. Acercamiento medial a la diáfisis de la tibia.

Para colocar clavo intramedular o fijador esquelético externo con reducción abierta.²⁸

Se incide la piel de la superficie medial de la tibia.

Se incide la tela subcutánea (identificar las ramas craneales de la vena safena medial, la arteria safena medial y el nervio safeno, los cuales cruzan oblicuamente al tercio medio de la tibia).²⁸

Se incide la fascia profunda para así exponer el sitio de fractura en el cuerpo de la tibia.²⁸

XVI. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

16.1 Ventajas

Mediante la fijación esquelética, se logra una inmovilización más rígida y segura que la lograda con clavos intramedulares, ya que se tiene un número mayor de puntos de fijación. Si la fractura fue expuesta, puede quedar al descubierto y seguir el tratamiento con lavados y desbridados hasta lograr la cicatrización del tejido blando y la reparación ósea.²⁹

Este método es de fácil aplicación no requiere de equipos sofisticados. El tiempo de cirugía se reduce, lo que disminuye el riesgo de infección. Por otra parte, es bien tolerado por el paciente.²⁹

16.2 Desventajas

Aunque las desventajas son mínimas, siempre se deben tener en cuenta para el momento de decidir qué tipo de fijación es el más apropiado en cada caso. De acuerdo a los estudios realizados en el Hospital Veterinario de Especialidades de la UNAM, la fijación esquelética no es un método de primera elección para el tratamiento de fracturas del fémur, ya que un alto porcentaje de las fracturas de fémur tratadas por este método han presentado diversos problemas, siendo el más frecuente el de la falta de unión.²⁹

XVII. BIBLIOGRAFIA

1. ARON D. N. (1989). External skeletal fixation. *vet. Med. Rep* 1:181-201
2. ARON D. N. (1987). Prostetic ligament replacement for severe tarsocrural jint instability. *J. Am Anim Hosp Assoc* 23:41.
3. ARON D. N. and Toombs J. P. (1984) Update principales of external skeletal fixation. *Compend Contin Ed. Prect Vet.*
4. Behrens F. and Jhonson W. unilateral External Fixation. Methods to increase and reduce frame stiffness. *Clinical and Orthopeadics and related research.*
5. Behrens F. external Skeletal Fixation (1981) Instructional Course Lectures the American Academy of Orthopedic Surgery. Edit. David G. Murray. Vol XXX
6. Bjorling D. E. Toombs J. P. (1982) Transarticular Application of the Kirchner- Ehemer splint. *Vet Surg.*
7. Bojrab M. J. Tecnicas Actuales de Cirugia de Animales Pequeños. Ed. Intermedica.
8. Bone E. G. and Jhonson A. L. (1986) Distal tibial fractures in dogs and cats. *J Am Vet Med Assoc.*
9. Brinker W. O. and Gretchen L. (1975) Principies and Aplication of External Skeletal Fixation. *Vet Clin of North Am Small Animals Pract.*
10. Brinker W. O. Verstraet M. C. and Soutas-Little R. W. (1985) Stiffness studies on various configurations and types of external fixators. *J. Am Ani Hosp Assoc.*
11. Brinker W. O. and Piermatei D. L. (1990) Handbook off Small Animal Orthopedics & Fracture treatment.

12. Brown S. A. (1988): Treatment of gram-negative infections. Vet Clin North Am Small Anim Pract.
13. Chao Y. S. and Aro H. T. (1989) The Effect of Rigidity on Fracture Healing in External Fixation Clinical Orthopedics and Related Research.
14. Egger E. L. (1991) Complications of External Fixation. A Problem-oriented Approach. Veterinary Clinics of north America Small Animal practice Vol 21 No 4.
15. Egger E. L. (1983) Static Strength of Six External Skeletal Fixation Configurations Vet. Surg.130-136.
16. Egger E. L. (1983) Static Strength evaluation of six external skeletal fixation configurations. Vet. Surg 130.
17. Egger E. L., Hestand M. B., Blas C. E. et al (1986): Effect of fixation pin insertion on the bone pin interface. Vet Surg 246.
18. Flores E. y Zamora J. L. (1996) Introducción a la Ortopedia. Memorias del Curso AMMVEPEL.
19. Gandolfi W. and Morales, B.H.:(1971) Reducao de Fractura da Tibia, Pela Transfixacao Percutanea en Novlho Zebu. Rev. Med. Vet 7(2) 154-160.
20. Greene C. E., Lockwood R., Goldstein E. J. C. (1991): Dog and Cat bite infections. In Greene C. E. (ed): Infectious Diseases of the dog and cat. Philadelphia, W.B. Saunders. 614-618
21. Goodship A. E. and Kenwright J. (1985) The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. The Journal of bone and joint surgery. 650-655
22. Harari J. (1992) External Skeletal Fixation. Veterinary Clinics of North America. Ed. Saunders Company.

23. Harey, C.E. and Slatter D.H. (1985) Development of Veterinary Surgery, Textbook of small Paciente Surgery. Edited by Slatter D.H. 2-4 W.B. Saunders Company. Philadelphia.
24. Lewis D. D. and Blooberg M. S. (1994) Fijacion Osea Externa. Revista Whaltam. 9-18
25. Nunamaker D. M. (1979) Treatment of the open fractures in small animals. Comp Cont Ed. Pract Vet 66-75
26. Ramirez G. (1996) Memorias del Curso de Ortopedia. AMMVEPEN. México.
27. Ramirez G.; Gorostiza J. y Zamora J. L. (1997) memorias del 3er curso Internacional de Ortopedia AMMVEPEN. México D. F.
28. Okin R. (1981) the use of dental acrylic for external fracture repair. Canine pract.
29. Okrasinski S. B., Pardo A. D. And Graeheler R. A. (1991) Biomechanical Evaluation of acrylic skeletal fixation in dogs and cats. J Am Vet Med Assoc 1590-1593
30. Okrasinski S. B., Pardo A. D. And Graeheler R. A. (1991) Acrylic external skeletal fixation: A Biomechanical evaluation and review of 11 cases. J Am Vet Med Assoc.
31. Palmer R. H., Aron D. N. (1990) Ellis pin complications in seven dogs. Vet Surg 440.
32. Toombs J. P., Aron D. N., Basinger R. R., Ewing P (1989) Angled connecting bars for transarticular application of Kirschner-Ehmer external fixation splints. J Am Anim Hosp Assoc 213.
33. Vidal D. m. (1983). External Fixation. Yesterday, Today and Tomorrow. Clinical Orthopeadics and Related Research.