



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**OSTEOSÍNTESIS DE HUESOS LARGOS A TRAVÉS DE IMPLANTE
INTRAMEDULAR DE NYLON CON FUNCIÓN DE CLAVO
CERROJADO EN COMBINACIÓN CON FIJACIÓN ESQUELÉTICA
EXTERNA**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

JULIO RAÚL CHÁVEZ MONTEAGUDO

ASESOR DE TESIS:

M.V.Z. CARLOS LORENZO GARCÍA ALCARAZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS:

A Raúl Chávez Sahagún y Bertha Monteagudo Negrete por el poderoso origen.

A Paulina Díaz Ferrer por compartir mis pensamientos más profundos.

*A los que la vida les enseñó a conformarse, a los que creen que todo está dicho.
¿qué seríamos capaces de hacer si no existiera el miedo?.*

AGRADECIMIENTOS:

“El maestro, es maestro las veinticuatro horas del día”.

Al Dr. Carlos García Alcaraz. Por ser guía en un mundo de infinito conocimiento.

Primum est nil nocere. Nunca lo olvidare.

RESUMEN

En la osteosíntesis con clavo intramedular de nylon en función de clavo cerrojado con fijación esquelética externa se combinaron las técnicas de clavo intramedular, clavo cerrojado y de fijador esquelético externo. Con la finalidad de justificar la combinación de técnicas, se evaluó el clavo de nylon como método primario de fijación.

Para combinar las técnicas se utilizó un polímero de nylon, para formar un clavo de este material en modo de clavo intramedular siendo este biológicamente inerte. Las características físicas y químicas de este material permite que se introduzca en médula ósea para posteriormente con clavos de Kirschner, se atraviesa la corteza ósea en forma transversal, se perfora el clavo de polímero hasta alcanzar la corteza ósea contraria para posteriormente con polimetilmetacrilato formar la barra conectora de un fijador esquelético externo.

Para poder evaluar su efectividad se realizaron exámenes clínicos y radiológicos cada dos semanas hasta obtener la unión clínica y radiológica o en su defecto obtener signos de fracaso como falta de respuesta perióstica, endóstica, permanencia de la línea de fractura y claudicación permanente en sus distintos grados.

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Consultorio Médico Veterinario Dr. Carlos García Alcaraz. Localizado en Miguel de Cervantes Saavedra #625-A col. Irrigación México D.F. c.p. 11500.

Todas las cirugías fueron realizadas en 9 perros que viven en la vía pública y que requirieron de osteosíntesis de huesos largos. Estos perros fueron presentados al ejercicio de la consulta diaria por una persona responsable de un refugio canino para posteriormente de la cirugía ser acogidos por la misma y puestos en adopción al público en general después de haber sido dados de alta clínicamente.

De acuerdo a los resultados se pudo observar que la osteosíntesis de huesos largos a través de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa es una alternativa en la osteosíntesis de huesos largos sólo en pacientes con peso menor a los 20 Kg.

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	
I.1	Fisiología del sistema óseo.....	1
I.2	Células óseas.....	2
I.3	Formación de los huesos.....	3
I.4	Vascularización normal del hueso.....	6
I.5	Clasificación de los huesos.....	7
I.6	Fractura.....	9
I.7	Diagnóstico de las fracturas.....	11
I.8	Signos clínicos de fractura.....	11
I.9	Clasificación de las fracturas.....	12
I.10	Respuesta de la vascularización después de la fractura.....	15
I.11	Reparación ósea.....	16
I.12	Principios del tratamiento de una fractura.....	18
I.13	Reducción y fijación.....	18
I.14	Grado de unión ósea.....	19
I.15	Unión clínica.....	19
I.16	Evaluación radiográfica.....	20
I.17	Signos radiográficos de la cicatrización ósea secundaria.....	21
I.18	Fijación esquelética externa.....	22
I.19	Clavo intramedular.....	32
I.20	Clavo cerrojado.....	41
I.21	Cerclajes y hemicerclajes.....	43
I.22	Nylon.....	44
I.23	Nylamid®.....	46
II.	OBJETIVOS	
II.1	Objetivo general.....	47
II.2	Objetivos específicos.....	47
III.	HIPÓTESIS.....	47

IV. MATERIAL Y METODOS	
IV.1 Animales para osteosíntesis.....	48
IV.2 Obtención y preparación del clavo intramedular de nylon.....	49
IV.3 Grupo de osteosíntesis.....	49
IV.4 Preparación prequirúrgica.....	49
IV.5 Técnica quirúrgica.....	50
IV.6 Evaluación clínica.....	53
IV.7 Evaluación radiológica.....	54
V. RESULTADOS	
V.1 Caso 1.....	55
V.2 Caso 2.....	60
V.3 Caso 3.....	64
V.4 Caso 4.....	68
V.5 Caso 5.....	72
V.6 Caso 6.....	76
V.7 Caso 7.....	82
V.8 Caso 8.....	86
V.9 Caso 9.....	90
V.10 Caso 10.....	94
VI. DISCUSIÓN.....	99
VII. CONCLUSIONES.....	100
VIII BIBLIOGRAFÍA.....	101

I. INTRODUCCION

I.1 Fisiología del sistema óseo

El tejido óseo forma la mayor parte del esqueleto, el armazón que soporta nuestro cuerpo y protege nuestros órganos y permite nuestros movimientos. De gran robustez y ligereza, el sistema óseo es un tejido dinámico, continuamente en fase de remodelación. La osteología es la ciencia que estudia la estructura, funciones y patologías óseas.

Las funciones básicas de los huesos y esqueleto son:

- Soporte: los huesos proveen un cuadro rígido de soporte para los músculos y tejidos blandos.
- Protección: los huesos forman varias cavidades que protegen los órganos internos de posibles traumatismos. Por ejemplo, el cráneo protege el cerebro frente a los golpes, y la caja torácica, formada por costillas y esternón protege los pulmones y el corazón.
- Movimiento: gracias a los músculos que se insertan en los huesos a través de los tendones y su contracción sincronizada, se produce el movimiento.
- Homeostasis mineral: el tejido óseo almacena una serie de minerales, especialmente calcio y fósforo, necesarios para la contracción muscular y otras muchas funciones. Cuando son necesarios, el hueso libera dichos minerales en la sangre que los distribuye a otras partes del organismo.
- Producción de células sanguíneas: dentro de cavidades situadas en ciertos huesos, un tejido conectivo denominado médula ósea roja produce las células sanguíneas rojas o hematíes mediante el proceso denominado hematopoyesis. (Guyton 2001).

Los Huesos están constituidos por una capa de tejido óseo denso o compacto denominada corteza o cortical, y una segunda capa compuesta de placas (espículas) dispuestas en forma de red porosa denominada esponjosa. La cortical se encuentra envuelta por una membrana fibrosa que cubre toda la superficie, excepto donde se localiza el cartílago articular, es la responsable del aumento del diámetro de los huesos y que participan activamente en la reparación de éstos, esta membrana recibe el nombre de periostio. Algunos huesos presentan una cavidad medular tapizada de una membrana fibrosa denominada endostio; esta cavidad se encuentra rodeada de hueso compacto y se presenta principalmente en los huesos largos. (Dyce 1999, Flores 2003, Slatter 2006).

I.2 Células Óseas

Existen tres tipos principales de células en todos los huesos: osteoblastos, osteocitos y osteoclastos. Los osteoblastos, células generalmente redondeadas y engrosadas con abundante retículo endoplasmático, son las responsables de sintetizar la matriz ósea (osteóide). Se las encuentra en la superficie de las regiones formadoras de hueso, conocidas como sistemas haversianos, los cuales rodean a los vasos sanguíneos dentro de la matriz de huesos reticulares. Una vez rodeados por minerales, los osteoblastos se convierten en osteocitos. Estos no mueren; por el contrario, se comunican por largos procesos con otras células envueltas en minerales y con otras que no lo están. Las grandes células multinucleadas con bordes encrespados que se encuentran en la superficie de la matriz mineralizada son los osteoclastos. Estos son los sensores mecánicos en la matriz ósea. Estas células gigantes (20 a 100 micrometros de diámetro) son directamente responsables de remover el mineral y la matriz (resorción ósea). Los osteoclastos disuelven el mineral mediante la secreción de ácidos y luego enzimas (fosfatasa ácida, colagenasa, catepsinas, proteasas neutras) que digieren la matriz. En huesos sanos, las actividades de osteoclastos y osteoblastos están acopladas (por factores proteicos liberados desde el hueso); por ello, la resorción estimula la formación de nuevo hueso. El ligando de osteoprotegrina, un factor soluble también conocido como receptor activador del factor nuclear κ B-ligando, factor de diferenciación de osteoclastos, y citocina inducida por activación del factor de necrosis tumoral, es producido por los osteoblastos. Produce la formación de osteoclastos a partir de células precursoras y activa los osteoclastos maduros ligándose a un receptor soluble (osteoprotegrina) en la superficie del osteoclasto. Los animales nulos para ligando de osteoprotegrina desarrollan osteopetrosis, una enfermedad ósea caracterizada por incrementos en la densidad ósea asociados con una remodelación defectuosa mediada por osteoclastos. A diferencia de una variedad de formas de osteopetrosis que pueden ser revertidas por la adición de factores de crecimiento o células medulares, los knockout para ligando de osteoprotegrina pueden sobrevivir solamente con la adición de este último, lo que demuestra que este factor es esencial para la formación de osteoclastos.

El examen de la forma y la organización de los huesos en radiografías o en cortes de láminas de huesos revelan un esquema diseñado para resistir la presión. En un hueso que soporta peso, las presiones igualan el patrón radiográfico de la organización ósea. La capacidad del hueso de adaptar su arquitectura y forma externa por resorción y reformación en respuesta a tales presiones (ley de Wolff) es una de las propiedades particulares de este tejido. (Flores 2003, Slatter 2006).

I.3 Formación de los huesos

Los huesos se forman y crecen, en su mayor parte, por la transformación de cartílago en una estructura osificada. En el embrión, las células mesenquimáticas que responden a una serie de señales genéticas se condensan para formar un modelo de cartílago que más tarde se transforma en hueso. Las células en este modelo de cartílago se diferencian en condroblastos, los que segregan una matriz cartilaginosa. La división celular por condrocitos, desarrollados a medida que los condroblastos fueron atrapados dentro de la matriz que ellos mismos segregaron, y la aposición de nuevos condrocitos del periostio permite el crecimiento de este hueso primitivo. A la formación de un collar óseo calcificado (periostio) le sigue la invasión vascular, que da como resultado la formación de un centro de osificación secundario destinado a convertirse en diáfisis y metáfisis del hueso. La placa epifisaria o de crecimiento se extiende desde la zona de células latentes o de reserva hasta la zona de cartílago calcificado. En la zona de células latentes o de reserva, las células están ampliamente espaciadas y muestran mitosis menos frecuentes que otras células de la placa de crecimiento. Cada una de estas células se divide para formar otra célula troncal y una célula proliferante. Las células proliferantes se dividen en forma rápida, alineándose en largas columnas. Las columnas de células están separadas por anchas particiones de matriz cartilaginosa, el producto sintético de estas células. A medida que las columnas de células se acercan al área metafisaria, las células se agrandan, formando células hipertróficas. En la mitad inferior de la zona de células hipertróficas, comienza la calcificación del cartílago, y las células entonces comienzan a sufrir la muerte celular programada (apoptosis) y son remplazadas por hueso desde la metáfisis subyacente. La progresión celular de latentes a hipertróficas es bastante rápida, tomando, por ejemplo, sólo 10 días en la rata en crecimiento. Después de la calcificación del cartílago, la invasión de los vasos sanguíneos se asocia con la remoción del cartílago calcificado y la deposición de hueso reticulado (esponjosa primaria). Este último es remodelado después para producir hueso cortical con una cavidad medular bien desarrollada. Los crecimientos longitudinales avanzan por osificación endocondral, la conversión del cartílago de crecimiento rápido en la fisis (área entre los centros de osificación primaria y secundaria) a cartílago calcificado y hueso.

La diferenciación de los condrocitos de latentes a hipertróficos es regulada por un número de factores de crecimiento, hormonas, y sus receptores. Estos incluyen hormona paratiroidea, factor de crecimiento de fibroblastos básico y péptido relacionado a la hormona paratiroidea, factor-Beta de crecimiento transformador y las proteínas morfogenéticas óseas relacionadas, proteínas del erizo de la India y asociadas al mismo, y las prostaglandinas.

El péptido relacionado a la hormona paratiroidea y la proteína del erizo de la India regulan la proliferación y diferenciación de condrocitos por medio de la expresión de proteínas morfogenéticas óseas.

Algunos huesos (los intermembranosos derivados del pericondrio del esqueleto craneano y facial) se forman directamente sin pasar por el proceso de osificación endocondral. En la formación ósea directa, los osteoblastos constituyen una matriz intercelular fibrosa que se esparce en forma rápida y que se osifica velozmente y proporciona sitios sobre los que se deposita hueso adicional. En primer lugar, para controlar el desarrollo de los huesos están las células.

El proceso de osificación endocondral, que es repetido durante la curación de fracturas, puede ser entendido más fácilmente en términos de los cambios en la placa de crecimiento epifisario. En la zona proliferante, hay frecuente división celular y las células son ricas en retículo endoplasmático rugoso, lo que indica su alta actividad metabólica. Las mitocondrias de los condrocitos en la zona proliferante contienen numerosos gránulos de fosfato cálcico electrón-denso, mientras que las células en la zona más distal de la calcificación provisoria contienen pocos de esos gránulos. La desaparición del fosfato cálcico de las mitocondrias al momento en que los cristales minerales aparecen por primera vez en la matriz extracelular sugiere una relación causal entre estos depósitos intracelulares y extracelulares. A medida que las células se hipertrofian, su volumen aumenta en forma sustancial y sus organelas se esparcen aún más separadamente. Es en la mitad inferior de la zona hipertrófica que comienza la calcificación. Mucho del primer mineral en aparecer fuera de los condrocitos se asocia con cuerpos ligados a la membrana llamados vesículas de matriz extracelular. Estas vesículas son ricas en una variedad de enzimas que pueden modular la composición de la matriz, facilitando la aposición mineral inicial dentro de la placa de crecimiento y otros tejidos mineralizantes.

Junto con los cambios morfológicos, hay alteraciones en la composición de la matriz de la placa de crecimiento que pueden estar asociadas con la calcificación inicial. La tensión del oxígeno disminuye desde la zona de reserva a la zona de células hipertróficas, y hay un cambio de glucólisis oxidativa a anaeróbica. La producción disminuida de trifosfato de adenosina puede relacionarse con la hipertrofia celular y la muerte celular programada y podría tener un efecto sobre la calcificación mediada por la célula. El colágeno tipo X es producido en forma exclusiva por las células hipertróficas junto con la proteína de oligomatrix de cartílago. Estas proteínas se acumulan en sitios de calcificación inicial.

Los conjuntos de proteoglicanos disminuyen en tamaño y el espaciamiento entre los monómeros individuales en la columna vertebral del ácido hialurónico aumenta, yendo de la zona de reserva a la hipertrófica. Antes de la hipertrofia celular y durante la misma, hay una reducción en el contenido total de proteoglicanos por peso tisular. Hay también una redistribución focal de los proteoglicanos en la zona hipertrófica. Es probable que estas modificaciones en la conformación y propiedades de los proteoglicanos sean los resultados combinados de alteraciones en la síntesis y la degradación por proteoglicanasas neutras en la zona hipertrófica. Además de los cambios en la actividad de enzimas proteolíticas, en la zona de células hipertróficas se observa un aumento en la actividad de fosfatasa alcalina de las vesículas de matriz y células.

La calcificación inicial de cartílagos involucra la formación de vesículas de matriz extracelular ricas en fosfatasa alcalina, la modificación de la matriz rica en proteoglicanos, un aumento en el producto del ion extracelular $\text{Ca}^{2+}\text{XPO}_4^{-3}$, y la interacción de las proteínas de la matriz con el mineral recientemente formado. Algunas de estas proteínas de matriz orientan el mineral y regulan el tamaño y forma de los cristales. (Slatter 2006).

I.4 Vascularización normal del hueso.

Es necesario un flujo sanguíneo adecuado para que el hueso lleve a cabo su función fisiológica normal. A nivel clínico, la mayoría de los problemas vasculares surge en los huesos largos. El flujo sanguíneo para estos huesos se deriva a tres fuentes básicas: 1) el sistema vascular aferente, 2) el sistema vascular intermedio del hueso compacto, y 3) el sistema vascular eferente. El sistema aferente transporta sangre arterial y está compuesto por la arteria nutricia principal, las arterias metafisarias y las arteriolas periósticas en las adherencias de los músculos. Las arteriolas periósticas son componentes menores del sistema aferente e irrigan a las capas más externas de la corteza en las cercanías de las adherencias fasciales firmes o musculares.

En los huesos compactos, los vasos son intermediarios entre el sistema aferente y el eferente, y funcionan como la estructura vascular cuando hay intercambio crítico entre la sangre y los tejidos vivos circundantes. El sistema está compuesto por los canales corticales de Havers y Volkmann y los canalículos diminutos, que transportan nutrientes a los osteocitos.

El drenaje venoso (el sistema eferente) del hueso cortical se lleva a cabo sobre la superficie perióstica. El flujo sanguíneo en la corteza es básicamente centrífugo, de la médula al periostio. Aunque hay otro drenaje venoso de la cavidad medular, éste se conecta a la actividad hematopoyética de esa cavidad. (Brinker 2007).

I.5 Clasificación de los Huesos.

Los huesos, individualmente, se clasifican por la forma de acuerdo a un sistema bastante sencillo: largos, cortos, planos e irregulares. Los huesos largos, que son típicos de los miembros, son cilíndricos y están claramente adaptados para trabajar como palancas, consisten en una varilla cilíndrica (cuerpo) y dos extremidades, con centros de osificación primarios (diáfisis), secundarios (epífisis), metáfisis y cartílago epifisiario, estos huesos crecen longitudinalmente sólo en el cartílago epifisiario, que se localiza en la metáfisis. En los huesos cortos, ninguna dimensión predomina sobre las otras. Muchos de ellos se agrupan en el carpo o en el tarso, donde la multiplicación de articulaciones permite movimientos complejos y también pueden disminuir la concusión. La mayoría de los huesos pequeños se desarrollan a partir de un único centro de osificación; cuando hay más de uno generalmente indica que el hueso representa la fusión de elementos que eran distintos en sus formas ancestrales. Los huesos planos están expandidos en dos direcciones. Esta categoría incluye la escápula, los huesos de la cintura pelviana y muchos de los del cráneo. Sus superficies anchas proporcionan inserciones a grandes masas musculares y protección a las partes blandas subyacentes. Los huesos sesamoideos están incluidos en tendones largos para reducir la fricción o para alterar el curso de los tendones y cambiar el ángulo de tracción de los músculos, con ventaja mecánica. Los huesos irregulares son huesos impares situados en la línea media, como las vértebras y algunos de los huesos del cráneo, sirven de protección, sostén e inserción muscular. (Dyce 1999, Flores 2003).

El esqueleto se divide en tres: esqueleto axial, constituido por el cráneo, la columna vertebral, las costillas y el esternón, esqueleto apendicular constituido por los huesos de los miembros y esqueleto visceral que está constituido por huesos que se desarrollan en el tejido blando de ciertos órganos. (Flores 2003).

El hueso se compone de una recia matriz orgánica que se fortalece notablemente por depósitos de sales de calcio. El hueso compacto está compuesto en un 30 % de su peso por matriz y en un 70% por sales. El hueso neoformado puede tener un porcentaje considerablemente mayor de matriz en relación con las sales. La matriz orgánica del hueso está compuesta en un 90 a 95% por fibras de colágeno, y el resto es un medio gelatinoso homogéneo denominado sustancia fundamental. Las fibras de colágeno se disponen primariamente siguiendo las líneas de fuerza tensional. Estas fibras confieren al hueso su gran resistencia a la tensión.

La sustancia fundamental está compuesta por líquido extracelular más proteoglicanos, especialmente condroitín sulfato y ácido hialurónico. La función precisa de cada uno de ellos se desconoce, aunque ayudan a controlar el depósito de sales de calcio. Las Sales cristalinas que se depositan en la matriz orgánica del hueso están compuestas principalmente por calcio y por fosfato. La principal sal cristalina es la hidroxiapatita. Cada cristal, de unos 400 angstroms de longitud, 10 a 30 angstroms de espesor y 100 angstroms de anchura, tienen una forma de bandeja larga y plana. La proporción relativa entre el calcio y el fósforo puede variar notablemente según las diferentes condiciones nutricionales, y el cociente Ca/P varía según el peso corporal entre 1.3 y 2.0. En las sales óseas también existen iones magnesio, sodio, potasio y carbonato, aunque los estudios de difracción de rayos X no demuestran que formen cristales definidos. Por tanto, se cree que se conjugan con cristales de hidroxiapatita en vez de organizarse por sí mismos en cristales independientes.

Cada fibra de colágeno del hueso compacto está compuesta por segmentos que se repiten con una periodicidad de 640 angstroms en toda su longitud; los cristales de hidroxiapatita están situados sobre cada segmento de la fibra, estrechamente ligados a ella. Este enlace íntimo evita el cizallamiento del hueso; es decir, evita que los cristales y las fibras de colágeno se deslicen fuera de su posición, lo cual resulta esencial para dar resistencia al hueso. Además, los segmentos de las fibras de colágeno se soportan entre sí, lo que hace que los cristales de hidroxiapatita se superpongan como ladrillos en una pared. Las fibras colágenas de los huesos, como las de los tendones, tienen una gran resistencia a la tensión, mientras que las sales de calcio muestran gran resistencia a la compresión. La combinación de estas propiedades, más el grado de entrecruzamiento que existe entre las fibras de colágeno y los cristales, proporciona una estructura ósea con resistencia extrema a la tensión y a la compresión. (Flores 2003, Guyton 2001, Slatter 2006).

I.6 Fractura.

Los huesos largos están sujetos a fuerzas fisiológicas y no fisiológicas. Estas últimas ocurren en situaciones inusuales, tales como accidentes de automóvil, heridas de bala y caídas. Pueden transmitirse al hueso en forma directa y pueden exceder fácilmente la resistencia máxima del hueso, provocando una fractura. (Slatter 2006).

Una fractura es la rotura completa o incompleta de la continuidad del hueso o del cartílago, causada por traumatismo externo, tracción muscular excesiva o alguna enfermedad subyacente que debilite al hueso. (Brinker 2007, Morgan 2004, Kirk 2002).

Las fuerzas fisiológicas son generadas por carga del peso, contracción muscular y actividad física asociada. Se transmiten al hueso a través de las superficies de las articulaciones y la contracción muscular. Las fuerzas fisiológicas son uniaxiales (tensión o compresión) pero también pueden dar lugar a momentos de torsión o de flexión, no exceden por lo común la resistencia máxima del hueso y no son responsables de fracturas óseas excepto en casos inusuales.

Las cuatro fuerzas fisiológicas primarias son: 1) compresión axial, 2) tensión axial, 3) flexión y 4) torsión. Cada una de éstas por sí sola o en combinación da como resultado un patrón complejo de presiones y esfuerzos internos dentro del hueso. Las presiones y esfuerzos normales se asocian con la tensión y compresión en la superficie del corte transversal, mientras que la presión y esfuerzo de cizallamiento están dirigidos en forma oblicua o paralela a las superficies de corte transversal del hueso. Aun con una carga concéntrica en un hueso recto, la presión por cizallamiento está presente en algunas superficies. Después que se produce una fractura, estas presiones y esfuerzos internos están presentes en la línea de fractura. La presión de cizallamiento interna y la presión por tensión pueden dañar tejidos nuevos y frágiles al cruzar el espacio de la fractura. Las presiones y esfuerzos internos pueden neutralizarse con dispositivos estabilizadores.

Cuando la fuerza de la articulación se distribuye en forma pareja sobre la superficie articular y en línea (concéntrica) con la columna del hueso, se produce la compresión axial del hueso. Las presiones y esfuerzos internos resultantes son: 1) presión por compresión sobre la superficie perpendicular a la columna del hueso, lo que provoca acortamiento; esfuerzo de tensión perpendicular a la columna del hueso, lo que provoca expansión lateral, y 3) presión de cizallamiento oblicua a la columna del hueso, lo que causa acortamiento y desplazamiento lateral.

El esfuerzo por tensión perpendicular que surge de la compresión axial no es clínicamente importante porque la expansión significativa del hueso es improbable. Sin embargo, las presiones por compresión y por cizallamiento son significativas y causan el colapso de una fractura conminuta u oblicua si no son resistidas.

Clínicamente los huesos sufren compresión axial, tensión axial, flexión carga de torsión. Para el óptimo tratamiento de las fracturas es importante una apreciación de las presiones y esfuerzos de cizallamiento y presiones normales generados por las fuerzas fisiológicas, unida al conocimiento de la capacidad de un implante de resistir estas presiones. (Slatter 2006).

I.7 Diagnostico de las Fracturas.

Los antecedentes y los signos clínicos por lo general indican la presencia de una fractura. Sin embargo, las radiografías son esenciales para la determinación precisa de su naturaleza.

La primera consideración es la preservación de la vida del paciente. La reparación de los tejidos y la restauración de la función son secundarias. Se debe establecer de manera inmediata el tratamiento del shock, la hemorragia y las heridas de los tejidos blandos, si es que existen, y se le debe ofrecer al paciente la máxima comodidad posible.

El examen de un animal con fractura, o con supuesta fractura, debe incluir los siguientes puntos:

1. Evaluación de la salud general del paciente.
2. Determinación de la existencia de daño de tejidos u órganos adyacentes a la fractura u otras partes del cuerpo, en caso de que exista, cuál es el grado de éste.
3. Examen para comprobar la existencia de fracturas, inestabilidad de ligamentos o dislocaciones en otras partes del cuerpo.
4. Evaluación precisa de la o de las fracturas.

I.8 Signos clínicos de fractura.

A pesar de que no siempre son detectables sin dificultad, los síntomas visibles en el área de la fractura incluyen uno o más de los siguientes:

1. Dolor o sensibilidad localizada.
2. Deformidad o cambio en la formación de ángulos.
3. Movilidad anormal.
4. Tumefacción local (este síntoma puede aparecer casi de manera inmediata o no muchas horas o días después del accidente. Por lo general persiste de 7 a 10 día debido a las perturbaciones del flujo sanguíneo y linfático).
5. Pérdida de la función.
6. Crepitación. (Brinker 2007).

I.9 Clasificación de las fracturas

Las fracturas pueden clasificarse según diferentes criterios, y todos son útiles para describir la fractura. Estos criterios incluyen factores causales; la presencia de herida superficial comunicante; la ubicación, la morfología, la gravedad de la fractura y su estabilidad después de la reducción axial de los fragmentos.

Factores causales

Violencia directa sobre el hueso. Las estadísticas indican que al menos entre el 75 y el 80% de todas las fracturas están causadas por accidentes de autos o vehículos motorizados.

Violencia indirecta. La fuerza se trasmite por el hueso o músculo hacia un punto distante donde se produce la fractura (por ej., fractura del cuello femoral, avulsión del tubérculo tibial, fractura de los cóndilos del húmero o del fémur).

Enfermedades óseas. Algunas enfermedades óseas causan destrucción o debilitamiento óseo en grado tal que una lesión insignificante puede producir una fractura (por ej., neoplasias óseas, desórdenes alimenticios que afectan al hueso).

Presión repetida. Las fracturas por fatiga en los animales pequeños se encuentran con más frecuencia en los huesos de las patas anteriores o posteriores (por ej., los huesos metacarpianos o metatarsianos en los galgos de carrera).

Presencia de herida superficial concomitante

Fractura cerrada. La fractura no se comunica con el exterior. *Fractura abierta.* El lugar de la fractura se comunica con el exterior. Estas fracturas están contaminadas o infectadas, y la curación puede ser, en el mejor de los casos, complicada y retardada.

Orientación de la línea de fractura en relación al eje largo del hueso

Fractura transversal. La fractura atraviesa el hueso en un ángulo no mayor a 30 grados en relación al eje largo.

Fractura oblicua. La fractura describe un ángulo mayor a 30 grados en relación al eje largo del hueso.

Fractura espiral. Este es un caso especial de fractura oblicua en el cual la línea de fractura se curva alrededor de la diáfisis.

Alcance de daño

Fractura incompleta. Se utiliza con frecuencia para describir una fractura que sólo rompe una corteza. A este tipo de fractura en los animales jóvenes se lo llama fractura en rama o tallo verde debido a la flexión de la corteza no fracturada. Las fracturas de fisura exhiben roturas delgadas que penetran la corteza en dirección lineal o espiral. En los animales inmaduros por lo general el periostio queda intacto a nivel esquelético.

Fractura completa. La fractura completa describe una única rotura circunferencial del hueso. Toda fragmentación que dé por resultado un defecto en el lugar de la fractura debe ser más pequeña que un tercio del diámetro del hueso luego de la reducción de la fractura.

Fractura multifragmentaria. También conocidas como fracturas conminutas, las fracturas multifragmentarias tienen uno o más fragmentos de tamaño medio completamente separados. Estas fracturas se pueden describir en forma detallada de la siguiente manera:

Fractura en cuña. Fractura multifragmentaria con cierto contacto entre los fragmentos principales luego de la reducción.

Cuñas reducibles. Fragmentos con un largo y ancho superior a un tercio del diámetro del hueso. Después de la reducción y fijación de la (s) cuña (s) a un fragmento principal, el resultado es una fractura simple.

Cuñas no reducibles. Fragmentos con un largo y ancho menor a un tercio del diámetro del hueso y que dan por resultado un defecto entre los fragmentos principales después de la reducción de más de un tercio del diámetro.

Fractura múltiple o de segmentos. El hueso se rompe en tres segmentos o más; las líneas de la fractura no tienen un punto en común. Este es un caso especial de fractura en cuña reducible.

Las zonas metafisarias proximal y distal requieren una nomenclatura específica para describir la amplia variedad de fracturas extraarticulares e intraarticulares que se ven en estas ubicaciones, como sigue:

Fracturas extraarticulares. No se fractura la superficie articular pero se separa de la diáfisis. En general se le denomina fracturas metafisarias. En una fractura fisaria la fractura-separación sucede en la línea fisaria o en la placa de crecimiento. Este tipo sólo sucede en los animales jóvenes, en crecimiento.

Fracturas articulares parciales. Sólo una parte de la superficie articular está involucrada, mientras que la porción restante aún está fijada a la diáfisis. Las fracturas unicondilares son el ejemplo más común.

Fracturas articulares completas. Se fractura la superficie articular y se separa en forma completa de la diáfisis. Las fracturas humerales en T o Y son representativas de este tipo.

Términos descriptivos adicionales que se aplican a ciertas fracturas:

Fractura impactada. Los fragmentos óseos se unen entre sí de manera firme.

Fractura por avulsión. Un fragmento de hueso, que es el lugar de inserción de un músculo, tendón o ligamento, se separa como consecuencia de un tirón fuerte.

Estabilidad luego del remplazo en posición anatómica normal

Fractura estable. Los fragmentos se entrelazan y resisten las fuerzas de reducción (por ej., transversal, en rama verde, impactada). El objetivo principal de la fijación es prevenir la deformidad angular y rotatoria.

Fractura inestable. Los fragmentos no se entrelazan y por lo tanto se deslizan unos a otros hacia afuera de la posición (por ej., oblicua, cuñas no reducibles). La fijación se indica para mantener el largo y el alineamiento, y para prevenir la rotación. (Arellano 2005, Brinker 2007, Fossum 2004, Santoscoy 2008, Slatter 2006, Thrall 2009).

I.10 Respuesta de la vascularización después de la fractura

La interrupción del flujo sanguíneo normal a los huesos varía con la complejidad de la fractura. Los componentes del sistema vascular aferente son estimulados y responden por hipertrofia, incrementando tanto su diámetro como su número. Además, se desarrolla un nuevo flujo sanguíneo, llamado flujo sanguíneo extra óseo del hueso en curación, a partir de los tejidos blandos circundantes. Este flujo está separado de las arteriolas periósticas normales. Provee sangre a los fragmentos de hueso adheridos, la corteza debilitada y al callo perióstico en desarrollo. Cuando se logra la estabilidad del lugar de la fractura y la continuidad de la circulación medular, regresa el flujo sanguíneo extra óseo. Afortunadamente, los poderes regenerativos del flujo arterial medular son rápidos y enormes bajo circunstancias favorables, ya que debe ser restablecido para la curación del hueso cortical.

Algunos de los factores que pueden impedir la respuesta vascular, y por lo tanto, la curación de los huesos son: 1) lesión con respecto al accidente original, 2) manipulación quirúrgica descuidada o impropia de los tejidos blandos, 3) reducción inadecuada, y 4) estabilización inadecuada de los fragmentos óseos. Los clavos intramedulares pueden dañar de manera temporaria el sistema medular aferente, mientras que las placas pueden bloquear el flujo venoso. Cualquiera de los dos flujos sanguíneos del hueso pueden estar comprometidos en forma parcial, pero ambos deben estar presentes para un grado de curación ósea adecuado. (Arellano 2005, Brinker 2007, Fossum 2004, Santoscoy 2008, Slatter 2006, Thrall 2009).

I.11 Reparación Ósea

De acuerdo al método de reducción y estabilización de la fractura se consideran 2 tipos de reparación: unión ósea indirecta y unión ósea directa.

En las áreas de contacto óseo intermitente habrá resorción de las superficies de la fractura para agrandar la brecha, seguida de unión ósea indirecta. En este caso, la secuencia de los hechos se puede determinar de la siguiente manera: 1) hemorragia en el área, 2) formación de coágulos, 3) inflamación y edema, 4) proliferación de células mesenquimatosas pluripotenciales, 5) formación de cartílago y hueso, 6) reconstrucción del callo hasta el hueso normal. La secuencia de hechos da como resultado el remplazo progresivo del tejido en la brecha de la fractura por tejido más rígido y fuerte, que va desde el tejido de granulación a tejido conectivo a tejido fibroso a cartílago a cartílago mineralizado a hueso laminar a hueso cortical. La formación de callo se puede subdividir según la ubicación en: 1) callo óseo medular, 2) callo óseo perióstico, o 3) callo óseo intercortical. El patrón de la formación de callo variará en gran medida en respuesta a las circunstancias y a los estímulos presentes. Sin embargo, en general, la estabilización de fracturas por medio de férulas externas, fijador externo, placas de apoyo (refuerzo), y clavos intramedulares se caracteriza por la formación de callos en las tres áreas. La estabilidad de los segmentos de la fractura no es absoluta y hay micromovimiento. El callo en crecimiento es responsable de la estabilización temprana de la fractura y da por resultado una unión clínica relativamente temprana, es decir, el punto en el cual el hueso puede soportar fuerzas de apoyo sin depender del elemento de fijación. En contraste, la carga dinámica excesiva es responsable de la unión retardada, donde la transformación del callo de cartílago a hueso se demora debido al flujo sanguíneo pobre dentro de las áreas de movimiento excesivo. Menos en el animal joven en crecimiento, la cantidad de callo es inversa en relación al grado de estabilidad del lugar de la fractura.

La curación en las áreas de contacto y de fuerzas de compresión altas, así como en las brechas muy pequeñas y estables (0.1 mm) se describe como unión ósea directa. Este tipo de unión pasa por alto la mayoría de los pasos descritos antes y se dirige de manera directa hacia la remodelación cortical. La unión de las cortezas se logra por medio de la remodelación interna del sistema haversiano sin resorción de las superficies de las fracturas. Esta intensa remodelación en la superficie de la fractura puede confundirse con resorción en las radiografías porque da por resultado una leve pérdida de densidad en la zona fracturaría. (Arellano 2005, Brinker 2007, Fossum 2004, Santocoy 2008, Slatter 2006, Thrall 2009).

Así, la estabilización de fracturas por medio de placas de compresión o de tornillos se caracteriza por no tener callos intercorticales visibles y por pequeñas cantidades de callos óseos medulares.

La curación exitosa en las áreas de contacto directo de los fragmentos óseos o en las áreas de brechas de fractura muy pequeñas depende absolutamente de la estabilidad, porque la tensión sobre las células individuales que llenan la brecha de la fractura se magnifica por cualquier movimiento en el lugar y puede fácilmente causar la rotura de las células.

Esto es: la curación ósea depende del flujo sanguíneo en la línea de la fractura, la reducción de los fragmentos fracturarios y el grado de estabilización de estos, y a su vez está influida por todos estos factores.

Condiciones mecánicas en el patrón de reparación ósea.

El patrón de curación ósea varía de acuerdo con las condiciones mecánicas presentes en la línea de la fractura después de la reducción y estabilización de ésta. Se pueden observar las siguientes cuatro situaciones mecánicas básicas, y pueden estar todas presentes en una fractura:

1. El hueso adyacente en forma inmediata a una placa de compresión o tornillo de cabeza cuadrada o compresivo puede experimentar una carga estática (de estabilización) muy alta, con muy poco componente dinámico (de desestabilización).
2. Un lugar más alejado de una placa de compresión o una fractura estabilizada con un fijador externo muy rígido experimentarán una carga estática compresiva moderadamente alta con un componente dinámico pequeño. Esta situación también puede estar presente en ciertas fijaciones intramedulares por medio de clavos/alambres de cerclaje.
3. En un lugar un poco más alejado de una placa de compresión o tornillo, una fijación con una placa de apoyo o de refuerzo, o una fractura estabilizada con un fijador externo moderadamente estable experimentarán una distribución más pareja entre los componentes estáticos y dinámicos. Esto también será típico de muchas fijaciones por medio de clavos intramedulares.

4. En la corteza opuesta a una placa o a un fijador externo unilateral, en algunos casos de fijaciones con placa de apoyo o de refuerzo y en algunas fijaciones con clavo intramedular, hay una brecha presente de manera continua debido a que las cargas dinámicas varían (tensión, flexión, cizallamiento) y exceden en forma constante las cargas compresivas de estabilización. (Brinker 2007).

I.12 Principios del tratamiento de una fractura.

1. Reducción anatómica de los fragmentos fracturarios, en especial en fracturas articulares.
2. Fijación estable, apropiada para la situación biomecánica y clínica
3. Conservación del flujo sanguíneo de los fragmentos óseos y de los tejidos blandos circundantes por medio de la reducción atraumática y de la técnica quirúrgica.
4. Movilización activa temprana sin dolor de los músculos y las articulaciones adyacentes a la fractura para prevenir el desarrollo de la enfermedad fracturaria. (Brinker 2007).

I.13 Reducción y fijación.

La reducción y fijación de la fractura se debe de hacer tan pronto como la condición del paciente lo permita. La demora dificulta la reducción por la contracción espástica de los músculos y el engrosamiento inflamatorio del tejido blando. En algunos casos, la fijación puede realizarse cuando se presenta el paciente; en otros, puede ser recomendable demorarla un día o más hasta que el paciente pueda sobrellevar el riesgo anestésico. No es aconsejable esperar hasta que la tumefacción baje antes de proseguir con la reducción y fijación. Para este momento, la organización del hematoma y la formación del callo están bien encaminadas. La formación del callo también disimula las líneas de fractura, los nervios y los vasos sanguíneos. Además, la hemorragia quirúrgica se incrementa en gran medida como resultado de una alta respuesta circulatoria en el área. La respuesta circulatoria por lo general es evidente alrededor del cuarto día posterior a la lesión. La cirugía antes de este momento presenta menor hemorragia.

I.14 Grado de unión ósea.

Cuando ocurre una fractura, los cambios en los tejidos del área inmediata determinan el campo para su reparación, y muchos factores pueden influir en la rapidez de este proceso. El cirujano puede hacer poco para alterar factores como la edad, el tipo de fractura, el estado de los tejidos blandos en el área circundante, y ciertas enfermedades óseas sistémicas o locales. Sin embargo, factores desfavorables como reducción pobre, inmovilización inadecuada, trauma operatorio excesivo, y falta de procedimientos quirúrgicos asépticos están dentro del control del cirujano. Estos factores, junto con la obediencia del dueño y la disposición del animal, pueden hacer más lento o incluso interrumpir el proceso de curación. Cuando todos los demás factores están iguales y la fractura se trata de manera óptima, la edad del paciente es el factor de mayor influencia en cuanto al grado de curación.

I.15 Unión Clínica

La unión clínica se refiere al periodo en el proceso de recuperación de la fractura en la que la curación ha progresado hasta el punto de fuerza en que la fijación externa se puede retirar. Las fracturas inmovilizadas con fijación externa, fijación esquelética y clavos intramedulares se curan con el desarrollo de un callo óseo externo y otro interno. El callo óseo da fuerza temprana agregada al lugar de la fractura. Las fracturas inmovilizadas con fijación rígida (placa ósea) se curan en forma primaria por unión directa y por algún callo interno, y los animales con fracturas tratadas por medio de este método deberían tener la fijación en el lugar por más tiempo. (Brinker 2007, Slatter 2006).

I.16 Evaluación radiográfica.

LA evaluación radiográfica de la curación de la fractura debe de realizarse en forma rutinaria en el momento en que se espera la unión. La técnica mnemónica “AAAA” ha demostrado ser útil para la evaluación de dichas radiografías, como sigue:

1. Alineamiento. Esta es básicamente una evaluación del hueso en su totalidad. El alineamiento se evalúa en relación al desplazamiento angular y torsional respecto del normal. El regreso al alineamiento normal es necesario para la función normal a largo plazo.
2. Aposición. Mirando de manera más directa al lugar de la fractura, el examinador aquí evalúa el grado de realineamiento de los fragmentos de la fractura. Se requiere un cierto grado de aposición para la curación ósea de rutina, pero este grado depende en gran medida del tipo de fijación usada. Por lo tanto, no se puede usar una sola definición en todas las situaciones.
3. Aparato. El elemento de fijación, ¿está funcionando como se esperaba para mantener la estabilidad de la fractura hasta que se cure? ¿se siguieron los protocolos aplicables al elemento? ¿hay alguna prueba de falla inminente del implante, como flexión o aflojamiento de los clavos?
4. Actividad. Este punto se refiere a la actividad biológica del hueso en respuesta a la fijación utilizada. Para evaluar la actividad, es necesario saber la edad del animal, el periodo de tiempo desde que se estabilizó la fractura y el grado de uso funcional del miembro. También es útil considerar factores como la infección preexistente y las heridas abiertas u otras lesiones desvascularizantes. Este es el área en que se evalúan el tipo y la cantidad de formación de callo. El examinador debe buscar síntomas de infección y formación de hueso nuevo perióstico. La resorción ósea se evalúa para decidir si representa revascularización normal de los fragmentos óseos de los bordes o indica infección o aflojamiento del implante. (Brinker 2007).

I.17 Signos radiográficos de la cicatrización ósea secundaria.

- 5-10 días después de la reducción. Los fragmentos fracturarios pierden sus bordes netos. La desmineralización de los extremos de los fragmentos fracturarios produce un ligero ensanchamiento de la línea de fractura.
- 10-20 días después de la reducción. Formación de callo endóstico y perióstico. Disminución del tamaño de la brecha fracturaria. Pérdida variable de la radiopacidad de los fragmentos fracturarios libres.
- 30 o más días después de la reducción. La línea de fractura tiende a desaparecer gradualmente. El callo externo aumenta su radiopacidad y se remodela.
- 3 meses o más después de la reducción. Continúa la remodelación de los callos externos. Se puede desarrollar un patrón trabecular dentro del callo. La sombra cortical se hace visible a través del callo. La cavidad medular continúa restableciéndose en forma gradual. Se produce la remodelación cortical a lo largo de las líneas de estrés. (Thrall 2009).

I.18 Fijación esquelética externa

La fijación esquelética externa se utiliza para estabilizar segmentos óseos o articulaciones con alambres o clavos percutáneos aferrados por un soporte o armazón externo. Permite el tratamiento exitoso de fracturas cerradas o abiertas, deformidades de miembros y no uniones y la estabilización de articulaciones durante la curación de luxaciones y artrodesis. La fijación esquelética externa tiene la ventaja exclusiva sobre la fijación con placas o clavos de ofrecer la posibilidad de ajuste después de la cirugía; los armazones se pueden ajustar a reforzar en el período posoperatorio. Este tipo de fijación es también menos invasiva que la fijación con placa y permite un mejor acceso a heridas que la coaptación externa. (Slatter 2006).

Historia.

La Fijación esquelética externa se ha utilizado en formas rudimentarias para tratar fracturas desde la antigüedad. En el siglo IV a.C., Hipócrates estabilizaba miembros fracturados con armazones de madera externos, circunscribiendo el miembro por encima y por debajo del sitio de fractura. El uso de clavos fijadores externos de metal comenzó a mediados del siglo XIX, y los soportes externos rígidos se introdujeron en 1897.

Codivilla fue el primero en informar sobre el alargamiento de miembros con el uso de fijación esquelética externa en 1904, y Putti desarrolló la metodología en la primera parte del siglo XX.

Las primeras formas de fijación esquelética externa en medicina veterinaria incluyeron la reducción Stader y la férula de fijación (1937), la férula del Hospital de Animales Angell Memorial (1938), y la férula de fijación Kirchner-Ehmer (década de 1940). A pesar de los informes positivos, el uso de fijación esquelética externa seguía siendo limitado por un índice relativamente alto de complicaciones debidas en su mayoría a la falta de modularidad y las características mecánicas inferiores de los sistemas disponibles. Desde la década de 1970, se han hecho mejoras significativas en el diseño de los clavos, los métodos de inserción de los mismos y las propiedades mecánicas y modularidad de los soportes. (Slatter 2006).

El uso de un fijador externo para la inmovilización de fracturas de hueso largo requiere inserción transcutánea de entre 2 y 4 clavos en cada uno de los fragmentos óseos proximal y distal, que luego se conectan por medio de 1 o más barras o varillas externas. A todo el aparato se le denomina tablilla o marco, mientras que al hueso y marco adherido se los llama construcción o montaje.

Los fijadores pueden usarse en todos los huesos largos, en la mandíbula y para las articulaciones óseas, pero no son adaptables a la mayoría de las fracturas intraarticulares.

Indicaciones de uso.

1. Fracturas estables e inestables
2. Fracturas conminutas
3. Fracturas abiertas, contaminadas e infectadas
4. Fracturas de tiro
5. Osteotomías correctivas
6. Uniones retardadas y no uniones
7. Artrodesis de ciertas articulaciones
8. Estabilización de ciertas articulaciones después de la reconstrucción de ligamento o tendón.
9. Como auxiliar, cuando se emplee clavo intramedular y se desee evitar la inestabilidad rotacional, la implantación de la fractura o ambas. (Brinker 2007, Santoscoy 2008, Slatter 2006)

Ventajas de fijador externo

1. Fácil aplicación
2. Su utilidad para tratar fracturas reducidas por los métodos abierto y cerrado
3. Si se aplica junto con un abordaje abierto, minimiza este enfoque
4. Los clavos de fijación pueden insertarse a cierta distancia de la herida abierta
5. Una herida abierta es accesible sin demora para el vendaje
6. Su compatibilidad para usarlo junto con otros aparatos de fijación interna
7. Tolerancia tanto de caninos como de felinos
8. En la mayoría de los casos, se retira sin que el animal esté bajo anestesia general
9. Costo razonable

Componentes de un fijador externo

Hay disponible una asombrosa variedad de fijadores en todo el mundo, en su mayoría desarrollados para uso humano. Debido a su tamaño y costo, no son prácticos para uso veterinario, aunque algunos son adaptables, en especial aquellos diseñados para utilizarlos en la mano o antebrazo de las personas. En América del norte, los aparatos tradicionales disponibles en el mercado (IMEX Veterinary, Longview, Texas; Osteo-Technology International Inc., Hunt Valley, Md; Gauthier Medical, Rochester; Minn; Securos, Charlton, Mass) se basan en la adaptación de Kirschner-Ehmer de la tablilla de Roger Anderson.

El antiguo artefacto de Stader no logró popularidad duradera. En Europa, ahora hay aparatos similares disponibles por varios fabricantes. Los estribos utilizados en estos fijadores son bastante simples en diseño, y aunque tienen algunas deficiencias inherentes en relación con la estabilidad, todavía funcionan de manera adecuada si se aplican en forma correcta, y proveen un método relativamente económico de estabilizar una amplia variedad de fracturas.(Brinker 2007).

Los componentes de un fijador externo dependen del tipo de fijador aplicado; en estos casos, se pueden emplear el aparato de kirschner-Ehmer o el uso de resinas o acrílicos.

Los componentes del aparato de Kirschner-Ehmer son los siguientes: los fijadores simples que consisten en una pieza en “U”(por el cual pasa el perno conector), un perno (por donde pasa el clavo transcutáneo) y una tuerca. La barra conectora puede emplear un clavo de Steinmann de tamaño apropiado; por lo normal, el aparato de fijación modificado requiere de una sola barra conectora y sólo se añaden más si se requiere de una mayor rigidez. Cuando se ajusta la tuerca, se presiona el clavo transcutáneo hacia la pieza en “U”, la cual se comprime contra la barra conectora asegurando todos los componentes a un tiempo. El aparato de Kirschner-Ehmer se encuentra en tres diferentes medidas (pequeña, mediana y grande).

Los clavos de fijación están hechos de acero inoxidable y existe una gran variedad de los mismos; sin embargo, los que se emplean con mayor frecuencia son los clavos lisos de Steinmann o los alambres de Kirschner. El tamaño de los clavos transcutáneos para el aparato pequeño es de 1/8”, 3/16” para el mediano, y 7/16” para el grande. Como puede observarse, el diámetro de los clavos es una limitante para su empleo en animales de talla pequeña (con un peso menor a 10 kg), ya que se ocasionaría un gran daño e incluso se predispondría a la presentación de fracturas iatrogénicas por el tamaño del defecto óseo causado.

En sí, el aparato de kirschner-Ehmer no es costoso; sin embargo, la posibilidad de que el propietario no regrese a sus revisiones subsecuentes está latente y, en consecuencia, también lo está la posibilidad de pérdida de los componentes de la fijación. Debido a ello, se han buscado materiales diversos que hagan el trabajo de los fijadores y de la barra conectora sin disminuir su rigidez. Se ha ensayado con la fibra de vidrio, con diferentes tipos de resinas, con plastilina epóxica, entre otros. Sin embargo, el acrílico dental es el material que ha demostrado tener mayores ventajas. Su facilidad de amoldarse a las necesidades de la fijación y a la inventiva del cirujano lo hace un material casi ideal para el tratamiento de las fracturas.

El acrílico a emplear es el acrílico dental autocurable de fraguado rápido. Se cuenta también con un componente líquido junto con su complemento en polvo. La mezcla de los componentes se realiza hasta que los clavos han sido colocados y se ha logrado la reducción de la fractura. (Santoscoy 2008).

Nomenclatura

Aunque la Fijación esquelética externa se ha empleado en el tratamiento de fracturas durante años, no se ha logrado desarrollar una nomenclatura clara que permita conocer con facilidad su versatilidad y configuraciones. Al principio no había mayor problema en la clasificación debido a que sólo existía una o dos configuraciones, pero en la actualidad se han desarrollado diferentes tipos de aparatos y, si se les conociera por el nombre del cirujano que los desarrolló, se crearía gran confusión. Los clavos transfijadores se clasifican por su método de implantación:

- Por su extensión; medios clavos o clavos completos.
- Por su característica de diseño, con cuerda o lisos.
- Por su nombre propio, de Steinmann, de Kirschner, entre otros.

El antecedente directo y que aún se emplea en la fijación de las fracturas es el aparato de Kirschner-Ehmer, que presenta dos configuraciones:

La estándar, la cual es la original y emplea tres barras conectoras, y la modificada, que es una evolución de la anterior y emplea una sola barra conectora. En general, el aparato de Kirschner-Ehmer posee tres elementos fundamentales, como son: clavos de Steinman o alambres de Kirschner, fijadores que pueden ser sencillos o dobles, y una o más barras conectoras.

Con la búsqueda de métodos que aseguren la estabilidad de la fijación sin incrementar su costo, se han empleado diferentes materiales como la plastilina epóxica, el acrílico dental, las resinas o la fibra de vidrio, los cuales permiten al cirujano una gran posibilidad de inventiva en las configuraciones de la fijación esquelética. En la actualidad, el material más usado es el acrílico, debido a su bajo costo, facilidad de manejo, rápido fraguado y radiolucidez, la cual permite la observación de la línea de fractura en los estudios radiográficos posquirúrgicos.

La Fijación esquelética externa se ha clasificado en tres tipos básicos:

- Tipo I, que siempre es unilateral y puede ser
 - Ia: uniplanar
 - Ib: biplanar
- Tipo II, que es bilateral y uniplanar.
- Tipo III que es una mezcla del tipo Ia más el tipo II, por lo que su montaje es bilateral y biplanar.

Se han descrito una gran variedad de versiones del fijador de tipo I, en un orden que va del más débil al más rígido, comprendiendo entre éstos el aparato de Kirschner (estándar y modificado), aquellos que se construyen con dobles barras y, por último, la variación del clavo intramedular anclado con el fijador externo. Este último ofrece gran estabilidad y rigidez en comparación con los de tipo I simple.

La proximidad del fémur y del húmero al tronco del animal evita la aplicación de las configuraciones II y III en estos huesos. El tipo Ia y el tipo Ib, así como el clavo intramedular anclado, se pueden emplear con éxito razonable en fracturas de húmero y fémur. Para el radio y la tibia, se pueden emplear las configuraciones bilaterales. (Santoscoy 2008).

Instrumental Quirúrgico

El instrumental quirúrgico necesario para la aplicación de una Fijación esquelética externa es el mismo que se emplea para la reducción abierta; esto es, instrumental de cirugía general e instrumental básico de ortopedia, que comprende: elevadores de periostio necesarios para exponer la fractura y manipularla durante su reducción. Pinzas para hueso como las de Kern o Lambotte, útiles para la manipulación y sostén de los fragmentos de hueso (del mismo modo estas pinzas son necesarias para mantener la fractura en posición de reducción); el taladro manual de Jacob, que es imprescindible para la aplicación de los clavos en el hueso, o un taladro automático de bajas revoluciones (no más de 300 rpm); si se pretende emplear la técnica de pretaladrado, habrá que añadir brocas quirúrgicas de diferentes diámetros; por último, se requiere una pinza para cortar clavos y alambres. Algunas fracturas, por sus características, pueden requerir para su reducción de instrumental adicional como puede ser: el torcedor de alambre, los pasadores de alambre y otros.

Técnica de aplicación

El paciente es preparado para una intervención quirúrgica mayor, siguiendo de manera estricta los pasos de la antisepsia, anestesia y manejo delicado de tejidos. La fijación esquelética externa se puede colocar en forma cerrada o abierta.

Si la fractura es expuesta, se puede manipular a través de la herida para lograr la reducción. En estos casos se sigue lo recomendado para el manejo de las fracturas expuestas. Con las fracturas cerradas, se puede realizar una pequeña incisión que permita la reducción de la fractura. La miniaproximación no debe de pasar de 2 a 3 cm. Algunos autores llaman a esta forma de aproximación “abrir, pero no tocar”, la cual consiste en una incisión en la piel y una aproximación a través del tejido subcutáneo, pero no afectando al periostio y a la masa muscular periférica en el foco de fractura.

Con una buena reducción, el hueso contribuye a mantener la estabilidad de la fijación y, por lo tanto, se favorece la reparación de la fractura.

Cuando se pretenda emplear la fijación esquelética externa en fracturas conminutas o cuando la reconstrucción represente un grave problema, se debe optar por colocar la configuración en forma cerrada y así evitar un traumatismo mayor a los tejidos de por sí dañados. De cualquier manera, la reducción abierta está indicada sólo cuando se puede lograr la ventaja mecánica de una reducción anatómica o cuando, por el trazo de la fractura, se indique la aplicación de amarres, cerclajes, hemicerclajes o tornillos. Por lo anterior, se determina que la reducción abierta se debe intentar cuando las ventajas mecánicas que se lograrán, sobrepasen a las desventajas biológicas que se provocan al dañar más los tejidos con la manipulación quirúrgica.

Sin importar el método empleado (abierto o cerrado), se debe alinear la fractura antes de iniciar la aplicación de los clavos. La relación de la herida quirúrgica y los clavos no está clara. Algunos cirujanos colocan los clavos a través de la herida, mientras que otros evitan esta práctica. De cualquier manera, se debe evitar colocar los clavos en las áreas donde se observe tejido blando dañado.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones, se procede a la colocación de la fijación:

a) Reducción de la fractura (abierta o cerrada) con la finalidad de normalizar la relación entre la piel, el tejido blando y el hueso, y manteniéndola en esta posición durante la inserción de los clavos. Si esto no se logra, se ocasiona daño a los tejidos blandos, una tensión excesiva alrededor de los clavos y la pérdida prematura de la fijación.

La técnica óptima para la inserción de los clavos es discutible. La controversia existe porque hay muchas formas de colocar un clavo. Durante muchos años se recomendó que la aplicación de los clavos se realizara con el taladro de Jacobs. La razón principal era evitar la termonecrosis asociada con la inserción mediante taladros de poder. La colocación con el taladro manual ocasiona “balanceo”, provocando microfracturas alrededor del clavo con la consiguiente pérdida prematura de la fijación. Investigaciones recientes han demostrado que el empleo de taladros de baja velocidad (de hasta 300 rpm) favorece la resistencia de los clavos y la estabilidad de la fijación, incrementando su tiempo de vida útil.

En la actualidad, se sostiene que el pretaladrado es la técnica de inserción con más ventajas, ya que evita la termonecrosis y las microfracturas. Para el pretaladrado se emplea una broca ortopédica, cuyo diámetro sea 1 mm menor al diámetro del clavo a emplear o igual al diámetro del cuerpo en la parte cordada del clavo. Después del pretaladrado, el cirujano puede colocar el clavo definitivo con el taladro manual en el orificio. En los animales de talla pequeña, se considera no necesario el pretaladrado.

b) Aplicar el clavo número uno (más proximal) en la metástasis del hueso. Después se coloca el número cuatro (distal) en la metáfisis distal. La angulación es de 45 a 60°, y con dirección hacia la línea de fractura. Una vez que estos clavos han sido insertados, se coloca la barra conectora con los cuatro fijadores. Los fijadores proximal y distal se ajustan de manera provisional, mientras que los centrales quedan libres. La transfijación de los clavos centrales (2 y 3) se efectúa teniendo como guía a los fijadores y colocándolos lo más cerca posible de la línea de fractura y en dirección a la metáfisis correspondiente.

Cuando la fijación se va a mantener con acrílico, no es riguroso colocar los clavos en un orden determinado o con una alineación rígida, ya que el acrílico permite colocar los clavos donde requiera el cirujano y en el orden que sea de su preferencia. (Santoscoy 2008).

Cuando se colocan clavos completos (que emergen por la parte contraria del miembro), se deben observar ciertas condiciones en su colocación. Algunos cirujanos sostienen que la aplicación de clavos angulados es mejor que la colocación de clavos paralelos. Esto se debe a que los clavos angulados proveen una mayor estabilidad y disminuyen la tendencia de movimiento de lado a lado del miembro. Lo anterior es cierto cuando se emplean sólo clavos lisos para construir la fijación esquelética externa.

Los clavos en los extremos se colocan perpendicularmente al eje longitudinal del hueso, mientras que los cercanos a la fractura se colocan con una angulación de 20 a 40 grados hacia la metáfisis. Los clavos “internos” pueden tener una angulación de 20 a 30 grados. Los clavos divergentes son más difíciles de colocar, ya que hay que iniciar oblicuamente y tienen la tendencia a resbalar por la corteza ósea. De igual manera, no siempre se puede determinar por dónde van a salir por la cara contraria del miembro. Otra desventaja que presenta n los clavos oblicuos es que requieren mayor superficie ósea por cada clavo, lo cual es crítico en fracturas próximas a superficies articulares.

La colocación de los clavos depende de un amplio conocimiento anatómico. Los clavos no deben de insertarse en áreas con grandes masas musculares, tendones o ligamentos. Estos tejidos representan un gran problema, causando irritación local, problemas en la interfaz clavo-piel y, en consecuencia, incremento en la morbilidad de la fractura. Por lo tanto, si se quiere colocar los clavos a través de masas musculares, se debe procurar hacerlo entre los paquetes musculares, evitando las estructuras neurovasculares. Cuando se considere realmente necesario atravesar los paquetes musculares, se debe colocar antes la articulación más proximal en posición funcional.

Se verifica que hayan atravesado ambas cortezas, así como la calidad de la reducción. Si ésta es correcta, se ajustan los fijadores hasta obtener la rigidez adecuada. En la colocación de los clavos, es necesario mantener una buena alineación, ya que por emplearse una barra rígida no se permite un gran margen de error; en caso contrario, se ocasionará tensión en la interfaz hueso-clavo y la pérdida prematura de la fijación.

Los fijadores o la barra de acrílico se colocan a 0 a 5 cm de la piel para evitar interferencia con el edema o inflamación posquirúrgica. La barra conectora se coloca lo más cerca posible del hueso para facilitar la estabilidad. La distancia que se ha mostrado como ideal es la de 1 cm a la piel. El espacio excesivo entre la barra y la piel traerá como consecuencia un aparato de mayor volumen y menor estabilidad.

La fijación esquelética externa debe aplicarse en la zona de menor masa muscular, para evitar interferencia con el tejido blando adyacente. Se debe evitar el uso de equipo de poder (taladro de alta velocidad), ya que produce calentamiento y por lo tanto necrosis que ocasiona la pérdida prematura de la fijación.

El número de clavos por fragmento es de dos a cuatro. Estudios recientes indican que al añadir un número de clavos no siempre se traduce en una mayor rigidez de la fijación. Los clavos no deben colocarse en la línea de incisión en caso de reducción abierta; en caso contrario, se interfiere con la cicatrización de la piel y se promueve el drenaje por los clavos. (Brinker 2007, Santoscoy 2008, Slatter 2006).

Cuidados Posquirúrgicos

Una vez que la fijación esquelética externa ha sido colocada, se toma un estudio radiográfico para evaluar la reducción de la fractura y la posición de los clavos. Después, la evaluación de la fijación se hará por lo menos cada tres semanas en cuanto a su funcionalidad.

Los cuidados posquirúrgicos están encaminados a evitar las complicaciones que se pueden desarrollar por el empleo de este método de fijación de las fracturas. En la mayoría de los casos, si se siguen al pie de la letra las indicaciones para su aplicación, es difícil que las complicaciones se presenten.

La inflamación de los tejidos blandos alrededor de los clavos es una de las complicaciones. Esta inflamación es el resultado de haber colocado el clavo en un lugar de gran masa muscular o de mucho movimiento. En cualquiera de los casos, el clavo actúa como un cuerpo extraño y provoca reacción inflamatoria que produce una gran cantidad de secreción estéril. Las bacterias de la piel cercana al tracto trasudativo estarán prontas a proliferar. El constante movimiento y la reproducción bacteriana producirán una mayor secreción, dando como resultado un drenaje purulento crónico. En todos los casos cabe esperar algo de inflamación en la zona de transfijación y por lo tanto de drenaje. Este drenaje permitirá el crecimiento bacteriano; por lo tanto, es necesario permitir que el drenaje fluya con libertad; de lo contrario, se favorece la reproducción bacteriana y la infección secundaria.

En ocasiones, se forman costras alrededor de los clavos. En ese caso, no es necesario retirarlas, ya que actuarán como una barrera entre el tracto del clavo y el medio externo. En algunos casos, la secreción se limpia con solución estéril una vez al día y se aplica timerosal durante todo el tiempo que se requiera mantener el fijador.

Si el paciente desarrolla inflamación excesiva e infección, se procede a comprobar la viabilidad del clavo transfijador y, si se determina que ya no es viable, se retira; se procede de igual manera, si está colocado en un lugar que cause molestia permanente. El reposo que guarde el paciente es importante; sin embargo, la meta de la fijación esquelética externa es la de lograr la reparación de la fractura, permitiendo la deambulacion precoz del animal. Por lo tanto, el reposo no debe ser estricto, permitiendo que el paciente camine con libertad durante su recuperación. (Arellano 2005, Brinker 2007, Fossum 2004, Santoscoy 2008, Slatter 2006).

I.19 Clavo intramedular

La fijación de las fracturas por medio de clavos de acero inoxidable aplicados en el canal centromedular de los huesos es la técnica más empleada para su resolución. Su inicio en la cirugía ortopédica de perros y gatos data de 1940, a partir del cual fue ganando popularidad por los buenos resultados obtenidos. En muchos aspectos es el método de fijación menos sofisticado, pero, al mismo tiempo, quizá es al menos entendido por los médicos que lo aplican.

La fijación de las fracturas por medio de clavos intramedulares es más económica que la que usa fijadores externos o placas ortopédicas. Lo anterior se debe al bajo costo de los implantes y a que se requiere sólo del equipo básico de cirugía ortopédica para su aplicación.

Existe una gran variedad de clavos (Rush, Jonas, Kuntcher, entre otros) susceptibles de ser empleados para la fijación interna de las fracturas; sin embargo, son los clavos redondos, como el clavo de Steinmann y los alambres de Kirschner, los más utilizados por su bajo costo, versatilidad y facilidad de aplicación. Debido a que los clavos centromedulares no ofrecen estabilidad antirrotacional adecuada, o cuando se intenta reconstruir la columna ósea por la presencia de esquirlas es necesario el empleo de técnicas auxiliares; una de las más comunes es la aplicación de cerclajes, hemicerclajes y amarres.

Generalidades de clavo intramedular

El uso del clavo de Steinmann en forma intramedular está indicado en fracturas en toda la longitud de los huesos largos. Sin embargo, su funcionamiento tiene mayores ventajas en fracturas transversas y oblicuas cortas en el tercio medio. Puede ser aplicado en forma conjunta con cerclajes, Hemicerclajes e incluso con fijadores externos, lo que hace que se adapte casi a cualquier tipo de fractura.

El tamaño de los clavos de Steinmann varía en longitud entre 12'' (pulgadas) y 16'' y en diámetro desde 5/64'' o más. Los alambres de Kirschner se encuentran en tres tamaños diferentes: 0.035, 0.045 y 0.062 de pulgada, y primordialmente se usan como clavos intramedulares en huesos de animales de talla pequeña como gatos y perros de raza miniatura, o bien cuando se requiere de la aplicación de bandas de tensión.

Existen diferentes tipos de punta de clavo (bisel, trócar) en uno o en ambos extremos. Los más versátiles y económicos son aquellos con punta en los dos lados, ya que pueden ser cortados por la mitad y para usar ambos extremos. Debido a que la migración del clavo intramedular es una de las mayores complicaciones, se ha desarrollado el clavo cordado en su extremo distal, con la intención de lograr mayor estabilidad en el asentamiento del clavo; sin embargo, a pesar de la adición de la cuerda, no se aprecian ventajas en su aplicación en comparación con los clavos lisos; más aún, se ha observado mayor dificultad en su aplicación y tendencia a romperse en la interface de la cuerda con el cuerpo, ya que en esta zona se concentran las fuerzas que actúan sobre el clavo y por lo tanto se produce fatiga prematura y la consiguiente fractura del material.

Los clavos intramedulares pueden ser usados como método de estabilización primario o secundario de una fractura. Cuando un implante funciona como método primario, debe de tener la capacidad de estabilizar el hueso fracturado y neutralizar las fuerzas a las que es sometida la línea de fractura por la contractura muscular y al momento del apoyo. Cuando el implante es usado como método secundario (auxiliar), tiene la función de neutralizar fuerzas específicas (rotación, cizallamiento, entre otras) cerca o sobre el sitio de la fractura. La aplicación del clavo de Steinmann está limitada a aquellos huesos que presentan prominencias, fosas o tuberosidades por donde pueda ser introducido o salir sin interesar las articulaciones o alterar la alineación de la fractura. Por lo anterior, se emplea con éxito en el húmero, ya que presenta el tubérculo mayor y las crestas epicondilares; en la ulna que tiene el olecranon; en los metacarpos que en su parte distal ostentan a los cóndilos. En el fémur que posee la fosa trocántérica, el trocánter mayor y las crestas condilares. En la tibia, ya que exhibe la cresta tibial y por último en los metatarsos, los que también en su parte distal presentan los cóndilos metatarsianos.

El radio no es un hueso propicio para el enclavado intramedular, ya que no tiene eminencias óseas que permitan la inserción o protrusión del clavo, además de que su canal medular es de diámetro reducido.

Diversos estudios han demostrado la tendencia de las fracturas de radio, tratadas por medio de clavo intramedular, a los procesos de unión demorada o de falta de unión. Por lo tanto, el uso del clavo intramedular de Steinmann está contraindicado en el tratamiento de las fracturas del radio.

Cuando se emplea la fijación interna en una fractura, se busca el retorno precoz a la actividad normal del paciente; por lo tanto, no es recomendable el uso de férulas cuando se ha detectado inestabilidad rotacional en una fractura, ya que se inmovilizan las articulaciones adyacentes a la fractura. Lo anterior estaría negando las ventajas de haber efectuado la fijación interna, al impedir el movimiento normal de las articulaciones y el apoyo del miembro. La excepción se presenta cuando se aplican clavos intramedulares para la reducción de fracturas en el metacarpo o metatarso, en donde se tiene que proteger la reducción de las fracturas, debido a que el apoyo ocasionaría la fatiga y rotura prematura del implante. (Santoscoy 2008).

Ventajas de la fijación intramedular

Para el cirujano veterinario, existen varias ventajas del clavo y el alambre de fijación por sobre las placas óseas. La fijación por clavo o alambre es mucho menos costosa que la fijación por placa ósea cuando se comparan el costo de los implantes, el gran inventario de equipamiento necesario y los costos de reparación del equipamiento de las placas óseas con los costos del método de enclavamiento. La cuestión del costo es menos importante cuando se compara la fijación Intramedular con la fijación esquelética externa, pero es verdad que se necesita menos inventario para la fijación por clavos. Sin embargo, el clavo de fijación no puede ser aplicado en su máxima ventaja sin la disponibilidad de fijación esquelética externa. La mayoría del equipamiento necesario para los clavos y alambres ya está disponible por muchos fabricantes y es básicamente el mismo que se utiliza para los fijadores esqueléticos externos. Para realizar una pequeña inversión, los tensores de alambre y alicates de clavos más nuevos modernizarán el equipamiento existente. La mayor parte del equipamiento durará toda una vida de intenso uso, mientras que las placas requieren un remplazo periódico de los tapones y de las mechas del taladro. La mayoría de las fijaciones por clavo o alambre requiere menor exposición quirúrgica que las placas óseas, y da como resultado menos lesión del tejido y daño vascular y aumenta la curación. En general, los clavos y alambres pueden ser aplicados en menos tiempo que el que se necesita para las placas. Este factor ahorra dinero y disminuye el tiempo de anestesia.

Los clavos por lo general son más fáciles de retirar que las placas, ya que a menudo se extraen bajo sedación simple y anestesia local. Por el otro lado, el retiro de las placas necesita un segundo procedimiento invasivo mayor con sus costos concomitantes.

Los clavos y alambres tienen un mínimo efecto sobre el flujo sanguíneo medular y por lo tanto sobre la curación ósea. Excepto en los casos en que se ha producido un agrandamiento activo para el asiento de alfileres Intramedulares grandes (no muy practicado en animales), no hay destrucción total del flujo medular. El uso de un clavo de Steinmann disminuirá el flujo sanguíneo medular al principio pero no lo destruirá. Habrá hipertrofia de los vasos medulares alrededor de los clavos a menos que el clavo llene la cavidad de manera completa o cuando la corteza interna haya sido agrandada (como sucede con los alfileres tipo Küntscher en los pacientes humanos). La interferencia sería con el flujo sanguíneo medular es más probable cuando un clavo ocupa la cavidad medular de un fémur recto, como se observa en las razas enanas/miniaturas y en los gatos. Cuando se aplican placas (o cualquier implante), hay cierta interferencia con el flujo sanguíneo cortical bajo la placa, que puede llevar a debilitar el hueso. Los problemas que se generan son fractura luego del retiro de la placa o fatiga cíclica eventual y rotura de la placa si la fractura es de curación retardada. Los clavos y cables rara vez dan por resultado esta interferencia vascular.

Desventajas de la fijación intramedular

Los clavos y alambres tienen claras desventajas en comparación con las placas, y la mayoría se relaciona a factores biomecánicos. Si los fragmentos óseos son demasiado pequeños para ser reducidos y estabilizados, la fijación por clavo y alambre puede no ser tan estable como una placa. La fijación por clavo y alambre no está diseñada para mantener la longitud del hueso (actuar como un apoyo), ya que no hay compartición de carga entre el clavo redondo y el hueso. Las placas, por otro lado, pueden y tienen la capacidad de evitar que las fuerzas de compresión causen un colapso (acortamiento) de una fractura multifragmentaria que no puede ser reconstruida de manera anatómica. A este proceso se lo denomina efecto de apoyo. Sin placas, el mejor método para lograr un efecto de apoyo es por medio de fijadores esqueléticos externos.

Se ha afirmado que el enclavamiento intramedular de fracturas abiertas puede diseminar la infección hacia arriba o hacia debajo de la cavidad medular. Esto seguramente será posible en teoría, pero rara vez sucede. Si se utiliza alguna fijación interna en el tratamiento de fracturas abiertas, ésta debe producir fijación muy estable, ya que si el hueso se estabiliza, se curará en presencia de infección. (Brinker 2007).

Su uso tampoco está recomendado en el tratamiento de las fracturas intrínsecamente inestables, como lo son aquellas que presentan conminución, a menos que su aplicación se haga en conjunto con otras técnicas de estabilización. (cerclajes, hemicerclajes y fijadores externos). Su principal contraindicación la representan las fracturas contaminadas o infectadas, debido a que, por su forma de inserción en el hueso, facilitan la propagación de la contaminación o de la infección. La ubicación del clavo en el canal centromedular impide la regeneración de la vascularidad; este hecho impide la llegada de macrófagos y antibióticos a la zona, lo que favorece a la larga la permanencia del proceso infeccioso. En el caso de fracturas contaminadas o infectadas, la fijación esquelética ha demostrado ser el método de elección para su tratamiento. (Santoscoy 2008).

Factores biomecánicos

Se necesita entender cómo los clavos resisten varias tensiones o fuerzas de flexión, compresión y rotación que actúan sobre una fractura de hueso largo. El material de acero inoxidable usado para los clavos intramedulares se fabrica para que sea muy rígido cuando esté sometido a fuerzas de flexión, a diferencia del material de acero usado para las placas óseas o alambres. Por consiguiente, la tensión de flexión de cualquier dirección se contrarresta cuando se ajusta al hueso un clavo redondo de diámetro apropiado tanto en sentido proximal como distal. Sin embargo, el hueso puede doblarse alrededor de un clavo de menor tamaño y el diámetro del canal medular puede ser demasiado chico (por ej., el radio) para permitir la introducción de un clavo apropiado. Las fuerzas rotatorias y compresivas se contrarrestan sólo por medio de fuerza de fricción entre el hueso y el clavo, que es demasiado pequeña para ser efectiva en la situación clínica. Aunque las fracturas transversales tengan una mínima tendencia a solaparse o acortarse, las fracturas en espiral y las multifragmentarias necesitan apoyo auxiliar para detener el colapso axial. Del mismo modo, un clavo casi no tiene capacidad para resistir las fuerzas rotatorias. En forma ocasional, si la fractura se entrelaza y los músculos juntan ambos extremos óseos, la rotación puede detenerse. Sin embargo, en general se deben utilizar algunos medios antirrotatorios con el clavo. El alfiler entrecruzado, muy usado en la ortopedia humana, puede resistir fuerzas de compresión y rotatorias y cada vez se usa más en la ortopedia veterinaria. Las fuerzas de distracción no se encuentran en las fracturas diafisarias pero sí están presentes en las áreas de adhesión musculotendinosa, como la tuberosidad del olecranon y calcánea. (Brinker 2007).

Fijación Auxiliar.

Las formas más comunes de fijación auxiliar que se utilizan con los clavos intramedulares para contrarrestar las fuerzas rotatorias y de compresión son las siguientes:

- Alambre de cerclaje o interfragmentario.
- Fijación esquelética externa.
- Clavos apilados. Los clavos de Steinmann múltiples no son muy eficaces.
- Fijación con tornillos de compresión. Aunque la fijación por tornillos compresivos es muy eficaz, el tamaño de hueso requerido para colocar el tornillo y el clavo dentro del canal medular limita la aplicación de esta técnica.

La migración del clavo en sentido distal luego de la operación es una clara indicación del movimiento causado por la inestabilidad insuficiente en el lugar de la fractura, ya que el movimiento del clavo en relación con el hueso causa resorción ósea y subsiguiente aflojamiento del clavo. Con muy pocas excepciones, la migración del clavo en sentido distal hacia la articulación significa que el clavo atravesó cartílago articular distal en el momento de la inserción. Esto se puede corregir en la cirugía retrayendo la punta del clavo hacia la cavidad medular, y luego doblando en ángulo el fragmento distal en una dirección ligeramente diferente antes de hacer avanzar al clavo. No se debe sólo retraer el clavo y dejarlo en su huella original.

La coaptación externa a veces se combina con la fijación intramedular, pero sólo se necesita en la fijación intramedular de los huesos metacarpiano y metatarsiano. La coaptación externa nunca se utiliza en las fracturas de hueso largo porque anula el objetivo principal de la fijación interna (es decir, la vuelta temprana al uso funcional del miembro). La inmovilización de la articulación del codo o la rodilla en presencia de una fractura de hueso largo tiene un inaceptable alto riesgo de pérdida de movimiento de la articulación debido a fibrosis periarticular e intraarticular. La fijación de las articulaciones distales a la fractura tiene el efecto de aumentar las fuerzas disruptivas del brazo de palanca que actúan en el lugar de la fractura. (Brinker 2007, Santoscoy 2008).

Métodos de aplicación

Los clavos de Steinmann se insertan con más frecuencia con un mandril manual, es decir, un mandril de Jacobs adaptado para agarrar el clavo, que se adhiere a un mango. Bajar la altura de la mesa de cirugía ayuda a atravesar al hueso duro, ya que esto permite que se le aplique más fuerza mecánica al mandril y ayuda a dirigir de manera apropiada el ángulo del clavo. Para prevenir que los clavos pequeños se doblen y para atravesar hueso cortical muy duro, al principio sólo una pequeña porción del clavo debe sobresalir del mandril hasta que se atraviese el hueso cortical duro externo. El clavo se inserta en el hueso con un movimiento rotatorio hacia adelante y hacia atrás mientras se ejerce fuerza sobre el mandril. El mandril se rota hacia delante y hacia atrás por lo menos 120 grados para aprovechar la punta de punción cortante. Se debe tener cuidado de no hacer bambolear un arco con el mango, ya que esto hará que se agrande el agujero del hueso.

Los taladros mecánicos permiten una fácil inserción del clavo pero también tienen desventajas significativas. Con demasiada velocidad e inserción energética, puede haber necrosis térmica del hueso circundante, que da como resultado la pérdida del implante con el correr del tiempo. Otra técnica para evitar la necrosis térmica es detener el taladro cada 2 o 3 segundos. Sin embargo, esto impide saber cuándo el clavo ha entrado en el canal medular o en la corteza opuesta. Cuando se utilizan de manera apropiada, los taladros mecánicos tienen la ventaja de ofrecer menor bamboleo durante la inserción del clavo, previniendo así que se agrande el agujero de entrada a través del hueso cortical. También aumentan de manera significativa la facilidad de inserción de los alambres de Kirschner, que suelen doblarse fácilmente cuando se insertan con un mandril manual.

Diámetro del clavo

La meta del enclavamiento es llenar el lugar de la fractura con un clavo para que esto de la mayor rigidez posible a la construcción del clavo y hueso. En un hueso recto, el hecho de llenar la cavidad aún permitirá la reducción anatómica, aunque un clavo demasiado grande en un hueso recto aumenta el riesgo de interferencia significativa con el restablecimiento del flujo sanguíneo medular, que resulta en unión retardada. En los huesos curvados (la mayoría de los perros), sin embargo, el hecho de llenar el lugar de la fractura con el clavo a menudo significará la imposibilidad de lograr la reducción anatómica. En las fracturas mediodiafisarias, se debe tratar de llenar entre el 60 y el 75% de la cavidad medular en su punto más angosto.

Si existen dudas, se debe usar un clavo más pequeño ya que siempre se lo podrá remplazar por uno más grande. Si se cambia de un clavo grande a uno más pequeño, se tendrá un agujero grande en el lugar de entrada que no se “junta” con el clavo que es más pequeño. Si la fractura está ubicada sobre el diámetro más pequeño, se puede estimar el tamaño del clavo de manera directa, pero si la fractura está en sentido proximal o distal al diámetro más angosto, se debe estimar por medio de una radiografía.

Asentamiento del clavo

Siempre se debe mirar la fractura mientras se introduce el clavo. Si se observa distracción de la fractura, es probable que el clavo esté enganchando la corteza distal y separando los huesos. En este caso, se retrae el clavo, se reduce nuevamente la fractura y se aplica fuerza contraria adicional para resistir la tendencia a la distracción. Esto se puede hacer por medio de presión manual desde algún punto distal a la fractura o con estribos óseos si la fractura lo permite. En esta situación se debe rotar el clavo sin mucha presión, para permitir que se introduzca en el hueso sin producir distracción en la fractura. Si el clavo se introduce demasiado se atraviesa la corteza distal, dando como resultado la colocación intraarticular del clavo. Cuando esto sucede, se debe cambiar la dirección del clavo desde el lugar de la fractura hacia el fragmento distal. En general, si sólo se retrae el clavo se produce migración tardía de éste nuevamente hacia la articulación. A medida que se alcanza la colocación final del clavo, se debe estar seguro de que no haya crepitación (del clavo sobre el hueso) en la articulación (del codo, la rodilla, el corvejón). Se debe utilizar otro clavo de longitud similar, que concuerde con el extremo saliente del clavo que trabaja, para confirmar la posición de la punta del clavo dentro del hueso.

Corte del clavo

El método más práctico de corte por lo general es por medio de un alicate para pasadores o un alicate especial para clavo. Se pueden utilizar serruchos para metal pero son difíciles de manejar y depositan cantidades considerables de partículas metálicas en la herida de la piel. Con los clavos grandes, se produce mucho movimiento del clavo y en consecuencia de la fractura. Excepto en el caso de los clavos pequeños, a menudo es muy difícil acortar los clavos de manera suficiente con los alicates para pasador. La meta más común es cortar el clavo lo más corto posible (-5mm) por sobre el hueso. Esto evita los grandes seromas e impactos en las estructuras cercanas (nervio ciático, cóndilos femorales), disminuye el dolor posoperatorio, y mantiene los clavos más estables el evitar la acción del músculo y del tejido sobre el extremo expuesto del clavo.

Ubicación del clavo en los huesos largos

Los clavos se colocan en los huesos largos de manera retrógrada (es decir, introduciéndolos desde el lugar de la fractura hacia un extremo del hueso y luego llevándolos hacia el fragmento opuesto) o de manera normógrada, cuando el clavo se coloca desde un extremo del hueso, a través del canal medular y en el otro fragmento. Dependiendo del hueso, uno o ambos métodos son aceptables.

Cuidados posquirúrgicos

En la mayoría de los casos en los que se emplea bien el clavo intramedular, la recuperación posquirúrgica cursa sin mayores problemas. Se debe detallar la actividad que le está permitida al paciente intervenido y que incluye la restricción de actividades de gran demanda física como correr, saltar y brincar. Sin embargo, se le permite e incluso se le alienta a caminar.

La terapia antimicrobiana la determinará el cirujano de acuerdo a su experiencia.

El uso de analgésicos está indicado, principalmente los no esteroides, observando los cuidados necesarios a su aplicación.

Se programa a evaluación radiográfica y clínica a criterio del médico y necesidades particulares del caso. En estas revisiones se evalúa el grado de claudicación, el lugar por donde el clavo emerge del hueso, observando la presencia de inflamación o laceraciones que sean evidencia de migración del implante.

Cuando se ha logrado la unión clínica (radiográfica y clínicamente), se programa la extracción del implante, la cual se realiza mediante una pequeña incisión sobre la zona de protrusión, previa anestesia y preparación quirúrgica del paciente. El clavo se retira ejerciendo tracción sobre él y practicando movimientos de rotación en el mismo plano en el que fue insertado. Una vez que el clavo ha sido extraído, se manipula la zona de la fractura determinando su estabilidad, así como el rango de movimiento de las articulaciones adyacentes. Por último se aplican uno o dos puntos de sutura sobre la incisión. (Arellano 2005, Brinker 2007, Fossum 2004, Santoscoy 2008, Slatter 2006).

I.20 Clavo cerrojado

Un clavo cerrojado es en esencia un clavo intramedular asegurado en la posición por medio de tornillos atravesados en sentido torsional y axial que aseguran el hueso al clavo para proveer estabilidad torsional y axial. El uso de este clavo tiene ventajas importantes por sobre el uso de clavos intramedulares solamente. El clavo cerrojado ayuda a prevenir el colapso de las fracturas conminutas durante el soporte de peso, inestabilidad rotatoria y migración de clavo. Como en el caso del clavo intramedular, el clavo cerrojado se puede insertar mediante un abordaje quirúrgico limitado, con una interrupción mínima de flujo sanguíneo del fragmento. Debido a que esta técnica en los humanos en general implica inserción por medio de técnica cerrada sobre una mesa de distracción y bajo control fluoroscópico, parece estar fuera de toda aplicación práctica en la ortopedia veterinaria. La introducción del sistema IN (Innovative Animal Products, Rochester, Minn) ha generado un método de inserción del clavo cerrojado sin la necesidad de equipamiento radiográfico específico. Se ha obtenido experiencia considerable para adaptar este sistema en los caninos grandes y ahora para los perros más pequeños y gatos. La aplicación del clavo cerrojado se limitó al principio a su uso en las fracturas femorales, tibiales y humerales de las razas grandes, con un diámetro mínimo del canal medular de 6 mm. Un primer informe indicó que el 83% de las fracturas se curó sin complicaciones. Los clavos cerrojados se rompieron en el 7% de las fracturas, en mayor medida cuando se utilizaron clavos de 6 mm para acomodar tornillos de 3.5 mm. El ciclo de fatiga fue la causa más probable de falla y se desarrolló cuando el clavo estaba mal ubicado de modo que los agujeros de los tornillos estaban demasiado cerca del lugar de la fractura o cuando se habían seleccionado clavos de diámetro insuficiente. Se han realizado modificaciones importantes en el tamaño y el número de los agujeros roscados para los clavos cerrojados.

El clavo cerrojado está disponible en este momento en diámetros de 4; 4,7; 6 y 8 mm, con un estándar de dos agujeros en sentido proximal y distal para el tornillo cruzado (Innovative Animal Products, Rochester, Minn). Los clavos de 4 y 4,7 mm aceptan tornillos de 2 mm, los de 6 mm aceptan tornillos de 2,7 mm, y los de 8 mm aceptan tornillos de 3,5 mm. También se diseñan clavos con 3 agujeros en lugar de 4, con un solo agujero roscado en las posiciones proximal y distal, para evitar la ubicación de un agujero roscado en el lugar de la fractura. Los tamaños disponibles al momento pueden ser modificados para su uso en las fracturas diafisarias del fémur, el húmero y la tibia en los gatos grandes y en la mayoría de los tamaños de los perros.

La reducción de la fractura y la inserción del clavo cerrojado en general se completan por medio de un enfoque quirúrgico limitado. El canal medular puede abrirse con clavos de Steinmann de mayor diámetro. El clavo entrelazado se asienta de manera adecuada en la metáfisis distal y se adhiere el portafresa para la colocación de los tornillos de cierre. Estos clavos se usan con más frecuencia en el modo “estático” en el cual se utilizan tornillos de cierre en ambas posiciones, proximal y distal. También se puede seleccionar un modo “dinámico”, en el cual sólo se utilizan tornillos de cierre en la posición proximal o distal. El modo dinámico permite más compresión axial en el lugar de la fractura pero también afecta la estabilidad rotatoria y por lo tanto debe ser usado con criterio. (Brinker 2007).

Su principal indicación es la reparación de fracturas en húmero y fémur, sobre todo en perros pesados, donde el clavo de Steinmann presenta grandes desventajas biomecánicas. Para su aplicación, se requiere de equipo especial, que incluye: un rimador, clavos con orificios, tornillos, brocas para hueso, desarmadores y un sistema de guía. En su aplicación, se usa el rimador para igualar el canal medular y abrir un orificio para la introducción del clavo. Una vez que el clavo ha sido introducido (siempre en forma retrógrada), el sistema de guía se asegura a su parte proximal y, a través de él, se perfora la corteza en los sitios donde el clavo presenta sus orificios. Sin el sistema de guía es imposible perforar la corteza en los lugares adecuados. Después de perforar la corteza en los lugares adecuados. Después de perforar la corteza, los tornillos se colocan y se avanzan en sus orificios hasta asegurar el clavo. Se evalúa la estabilidad de la fractura y se procede a la sutura. Cuando se ha logrado la reparación ósea, el clavo se retira haciendo unas pequeñas incisiones sobre los lugares donde están colocados los tornillos para retirarlos con un desarmador. Después el sistema de guía se asegura al clavo y se procede a retirarlo. (Arellano 2005, Brinker 2007, Fossum 2004, Santoscoy 2008, Slatter 2006).

I.21 Cerclajes y hemicerclajes

Los cerclajes y hemicerclajes son auxiliares en el tratamiento de las fracturas. Su aplicación es adicional a una fijación primaria como es el clavo intramedular o la fijación esquelética. Nunca deben ser colocados como único método en el tratamiento de fracturas diafisarias de los huesos largos.

El término cerclaje indica que el alambre pasa de manera total la circunferencia del hueso; cuando es parcial se le conoce como hemicerclaje. Cuando el alambre es ajustado, se produce compresión interfragmentaria estática, evitando así la rotación o el colapso de la fractura. Los cerclajes y hemicerclajes se hacen con alambre ortopédico monofilamento, empleando diferentes diámetros según la talla del animal donde se aplicará. Para animales de raza Toy y gatos, se emplea alambre ortopédico de 0.64 mm, para perros de 10 a 15 kg, se emplea alambre de 0.81 mm. Para animales de talla grande, se requiere de un diámetro de 1 mm, mientras que para las razas gigantes, se requiere alambre de 1.25 mm.

Las indicaciones para el empleo de los cerclajes y hemicerclajes comprenden las fracturas oblicuas largas, las fracturas en espiral y aquellas conminutas que sean susceptibles de reducir anatómicamente. El uso de los cerclajes está limitado a aquellas líneas de fractura cuya longitud comprenda por lo menos dos veces el diámetro o más del hueso. En todos los casos, para su aplicación se requiere de reducción anatómica de la fractura; por lo tanto, no se debe colocar alrededor de una serie de fragmentos sin reducir. (Brinker 2007).

I.22 Nylon

El nailon (de la marca comercial registrada: *nylon*®) es un polímero artificial que pertenece al grupo de las poliamidas. Se genera formalmente por policondensación de un diácido con una diamina. La cantidad de átomos de carbono en las cadenas de la amina y del ácido se puede indicar detrás de los iniciales de poliamida. El más conocido, el PA6.6 es por lo tanto el producto formal del ácido butandicarboxílico (ácido adípico) y la hexametildiamina.

Por razones prácticas no se utiliza el ácido y la amina sino soluciones de la amina y del cloruro del diácido. Entre las dos capas se forma el polímero que puede ser expandido para dar el hilo de nailon.

Un polímero parecido es el perlón que se forma por apertura y polimerización de una lactama, generalmente la caprolactama. La diferencia reside en que en el nailon las cadenas están formadas por polímeros de la fórmula de general $(-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_n-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-(\text{CH}_2)_m-\dots)$ mientras que en el perlón las cadenas tienen la secuencia $(-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_n-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_n-\dots)$.

El descubridor del nailon y quien lo patentó primeramente fue Wallace Hume Carothers. El descubrimiento fue el día 28 de febrero de 1935, pero no fue patentado hasta el 20 de septiembre de 1938 (U.S. Patents 2130523, 2130947 et 2130948). A la muerte de éste, la empresa DuPont conservó la patente. Los Laboratorios DuPont, en 1938, produjeron esta fibra sintética fuerte y elástica, que reemplazaría en parte a la seda y el rayón.

El nailon es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no precisa planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales. El nailon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc.

Con este invento, se revolucionó en 1938 el mercado de las medias, con la fabricación de las medias de nailon, pero pronto se hicieron muy difíciles de conseguir, porque al año siguiente los Estados Unidos entraron en la Segunda Guerra Mundial y el nailon fue necesario para hacer material de guerra, como cuerdas y paracaídas. Pero antes de las medias o de los paracaídas, el primer producto de nailon fue el cepillo de dientes con cerdas de nailon. Las primeras partidas llegaron a Europa en 1945

Se cree que su nombre es un juego de palabras, haciendo referencia a NY (Nueva York) y Lon (Londres), dos ciudades que conjugadas en idioma inglés dan como resultado NyLon, ya que lo descubrirían dos investigadores que vivían uno en cada ciudad.

Según John W. Eckelberry (DuPont), "nyl" es una sílaba elegida al azar y "on" es en inglés un sufijo de muchas fibras.

Otra versión dice que el nombre debería haber sido "no-run", indicando que las medias hechas por este material no se rompían con facilidad pero por razones jurídicas fue cambiado a Nylon.

Otra leyenda atribuye el nombre a abreviaciones de exclamaciones como "Now You Lousy Old Nipponese" (o "Now You Look Old Nippon" o "Now You Loose Old Nippon") en contra de los japoneses al tratarse de un sustituto de la seda que se había importado de China ocupada por los japoneses en la Segunda Guerra Mundial.

El desarrollo de otros materiales biocompatibles derivados del polietileno, nylon, cerámicas, etc., adaptados para su empleo en cirugía, ha determinado la aparición de un sinnúmero de elementos de osteosíntesis alternativos a los fabricados en acero.

Los polímeros PVC (policloruro de vinilo) y PPL (polipropileno) han sido utilizados profusamente en la fabricación de diferentes dispositivos (sondas nasogástricas, sondas uretrales, prótesis dentarias, catéteres intravasculares, contraceptivos intrauterinos, tubos para diálisis peritoneal, cánulas ruminales e intestinales, tapones esofágicos y hasta corazones artificiales) (Wheeler y col 1998).

Si bien existen a nivel mundial trabajos relacionados a la Medicina Veterinaria que evalúan el uso de polímeros en diferentes implantes como: precintos de polipropileno en la fijación de placas (Alberto y col 2001); bandas de nylon para ligadura en ovariectomía (Guadarrama y col 2002); placas de polipropileno para osteosíntesis (Alberto y col 2001, Amato 2000, Wheeler y col 1998, Wheeler y col 1995); placas de PVC en la inmovilización interna de columna vertebral (Tudury y col 1997); mallas de polipropileno en la corrección quirúrgica de hernia perineal y defectos auriculares (Matera y col 1989, Matera y col 1981); anillos de polipropileno en la corrección de colapso traqueal (White 1995). Citamos particularmente un experimento en que mediante estudio *in vitro* e *in vivo* se demostró que el nylon industrial resulta un material relativamente inerte cuando se lo utiliza como material ortopédico (Shivaprakash y col 1998).

I.23 Nylamid®

Desde 1969, los productos Nylamid® se han colocado a la vanguardia entre los plásticos de ingeniería existentes en México. Plásticos de Mantenimiento, S.A. de C.V., fabricante de los productos Nylamid® se asoció en 1994 con DSM Engineering Plastic (Polymer-Polypenco), líder mundial en la fabricación de plásticos industriales.

Entre las aplicaciones más comunes del Nylamid® están las siguientes: slippers, estrellas, rodillos, cadenas, rastras, guías de desgaste, placas y marcos para filtros prensa, aros para coronas de engranes, gusanos alimentadores, limpiadores de bandas transportadoras, cojines, engranes, ruedas, poleas, catarinas.

Han ayudado a solucionar problemas de muchos sectores industriales, tales como: alimenticio, siderúrgico, embotellador, azucarero, constructor, bienes de capital, papelerero, naval, textil, minero, farmacéutico, transportadores.

Nylamid® M: es de color hueso y está aprobado para trabajar en contacto directo con alimentos de consumo humano, por la SECOFI (NMX-E-202-1993-SCFI). Es producido por la polimerización directa de monómeros para formar polímeros de nylon 6/12, al ser vaciados a presión atmosférica.



Varillas de nylon

II. Objetivos

II.1 Objetivo general

Evaluar clínica y radiológicamente la efectividad del nylon como implante intramedular en la osteosíntesis de huesos largos con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa, en fracturas presentadas en el ejercicio diario de la clínica privada de pequeñas especies, como una alternativa en el tratamiento de estas fracturas.

II.2 Objetivos específicos

- 1) Evaluar clínicamente y radiológicamente el nylon en forma de clavo intramedular como material alternativo de fijación interna en huesos largos en la ortopedia veterinaria.
- 2) Con la finalidad de justificar la combinación de técnicas de osteosíntesis ósea como lo son el clavo intramedular, clavo cerrojado y fijación esquelética externa utilizando el nylon como clavo intramedular, se evaluara clínica y radiológicamente el implante de nylon sólo como método de osteosíntesis primario.
- 3) Evaluar clínicamente y radiológicamente la combinación de técnicas de clavo intramedular, clavo cerrojado y fijación esquelética externa, utilizando el nylon como clavo intramedular, en la osteosíntesis de huesos largos con forme a la casuística de la práctica privada de la clínica de pequeñas especies.

III. HIPÓTESIS

Si el nylon como implante intramedular con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa es capaz de neutralizar las fuerzas que actúan en una fractura de huesos largos, entonces es posible utilizarlo como método alternativo para la osteosíntesis de estos huesos en la ortopedia veterinaria.

IV. MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se desarrollo en las instalaciones del Consultorio Médico Veterinario Dr. Carlos García Alcaraz. Localizado en Miguel de Cervantes Saavedra #625-A col. Irrigación México D.F. c.p. 11500.

IV.1 Animales para osteosíntesis

Todas las cirugías fueron realizadas en perros que viven en la vía pública y que requieren de osteosíntesis de huesos largos. Estos perros son presentados al ejercicio de la consulta diaria por una persona responsable de un refugio canino para posteriormente de la cirugía ser acogidos por la misma y puestos en adopción al público en general después de haber sido dados de alta clínicamente.

Después del procedimiento de osteosíntesis se tomaron radiografías de control y una semana después de estar en alojamiento confortable, con alimentación comercial marca pedigree, se remitieron al refugio y se le realiza un calendario de revisión periódica cada 2 semanas para evaluación clínica y radiológica a partir del día de osteosíntesis.

No se hizo diferencia en el sexo de los perros ya que esto no se considero como una influencia en los resultados.

El peso de los animales fue de entre 15 y 30 kilos. Y esto obedece a que éste es el promedio de la población canina. La edad es de entre 1 y 3 años, esto es considerando a un perro bien desarrollado y en rango en el cual se da con mayor frecuencia la atención de fracturas de huesos largos.

El hueso afectado fue determinado por la incidencia de fracturas en la práctica diaria de la clínica privada de pequeñas especies.

El tipo de fractura fue determinada por la incidencia de fracturas en huesos largos en la práctica diaria de la clínica privada de pequeñas especies.

IV.2 Obtención y preparación del clavo intramedular de nylon

El nylon en varilla tiene una presentación comercial en distintos diámetros y en un largo de 3 metros. Se acudió a distribuidores marca Nylamid®. Varillas de distintos diámetros son cortadas con segueta a longitudes de 12 “. Posteriormente se da filo en sus dos extremos en forma de trócar, esto es de forma manual con una lima para metal o con un esmeril.

Una vez en su tamaño adecuado, son lavados con agua y jabón. Ya limpios son sometidos a esterilización en autoclave durante 30 minutos a 121 grados centígrados de temperatura y 1 atmósfera de presión.

IV.3 Grupo de osteosíntesis

La osteosíntesis se realiza el mismo día que se recibe al paciente. Antes se procede al examen físico general y se descartan posibles lesiones que comprometan la vida del paciente. Estable el animal se procede a realizar cirugía y como post quirúrgico se toman radiografías de control y el paciente es colocado en jaula limpia y confortable por una semana. Durante este periodo se realiza examen físico general tomando peso corporal (PC) temperatura (T), frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), tiempo de llenado capilar (TLLC), revisión de linfonodos (L) con una frecuencia de 24 horas reportando un promedio durante este tiempo.

Después de la primera semana fueron remitidos al refugio para su posterior evaluación clínica y radiológica cada 2 semanas a partir del día de osteosíntesis.

IV.4 Preparación prequirúrgica

Antes de la cirugía se prepararon los pacientes siguiendo los principios básicos de asepsia quirúrgica; rasurando al miembro afectado en su totalidad y un tercio del miembro proximal y distal.

Se colocó catéter intravenoso y un equipo de venoclísis normo gotero conectado a solución isotónica de cloruro de sodio.

La anestesia se realizó de manera inhalada con isoflurano, como pre anestésico se utilizó xilacina a dosis de 0.01 mg x Kg de peso y Tiopental a dosis de 11 mg X Kg de peso como anestésico de ultracorta acción para poder intubar de manera endotraqueal con una sonda de Rush con globo para conectar la manguera de anestesia inhalada.

IV.5 Técnica quirúrgica

Ya con el paciente en decúbito lateral se procede a realizar la asepsia y antisepsia con tintura de yodo sobre toda la zona quirúrgica y se colocaron los campos quirúrgicos y la sabana hendida.

De acuerdo al hueso afectado el abordaje quirúrgico realizado fue así:

Fémur: La exposición de la diáfisis femoral es realizada con un abordaje lateral incidiendo la fascia lata a lo largo del borde craneal del músculo bíceps femoral. La retracción craneal subsecuente del músculo vasto lateral y la retracción caudal del músculo bíceps femoral exponen la diáfisis del fémur.

Húmero: Para exponer $\frac{3}{4}$ del húmero se realiza a través de una incisión craneolateral. Los músculos tríceps y braquial se retiran caudalmente, y el bíceps, el pectoral superficial y el braquiocefálico se retiran cranealmente. El nervio radial se protege con el músculo braquial, que también se retira cranealmente para exponer mejor la porción distal.

Tibia y Fíbula: Para exponer la totalidad del largo de la tibia se realiza incisión cutánea craneomedial que muestra la ubicación aproximada del nervio y los vasos safenos mediales, se evitan los vasos y nervio safeno, que cruza el campo en sentido oblicuo en el tercio medio de la tibia.

Clavo intramedular de nylon como método de osteosíntesis primario.

Ya expuestas las líneas de fractura se tiene que realizar el canal medular por el cual se va a introducir el implante de nylon, tanto en el fragmento proximal como distal, esto se realiza con un clavo de acero quirúrgico de un diámetro correspondiente al diámetro del implante de nylon. Se realiza la inserción de implante de nylon de manera retrógrada por medio del taladro manual de Jakobs. Se retira el taladro manual y se coloca en el extremo contrario del clavo para retraerlo, de tal manera que su extremo distal quede a nivel de la línea de fractura proximal. Los fragmentos óseos se manipulan firmemente por medio de pinzas para hueso, y auxiliados con el elevador de periostio, se realiza la reducción anatómica de la fractura, manteniéndola mientras el clavo se avanza atravesando la línea de fractura y se asienta con firmeza en el hueso esponjoso metafisario del fragmento distal. En el caso de la tibia se introduce el clavo de manera normógrada para evitar el daño a la articulación. Se retira el taladro manual al igual que las pinzas para hueso; posteriormente, se somete a estrés la línea de fractura para determinar la estabilidad lograda.

De igual manera, las articulaciones adyacentes a la reducción se flexiona y extienden para determinar si el clavo está interfiriendo en alguna de las articulaciones; en caso negativo, el clavo se corta de tal manera que quede una pequeña cantidad por debajo de la piel. Posteriormente se colocan de una a dos agujas de kirschner en los extremos proximal y distal de las líneas de fractura, de manera transversal de corteza a corteza ósea, esto para evitar rotación del hueso o del implante de nylon. Se cortan a ras de corteza las agujas de Kirschner. Se procede a reparar los planos anatómicos incididos, para las fascias se utilizó Vicryl 2-0 (poligalactina 910) con la técnica de sujete continuo con autoanclaje intermitente; siguiendo con una sutura subcuticular continua y reforzándolos con puntos separados en piel con el mismo material.

Clavo intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

Ya expuestas las líneas de fractura se tiene que realizar el canal medular por el cual se va a introducir el implante de nylon, esto se realiza con un clavo de acero quirúrgico de un diámetro correspondiente al diámetro del implante de nylon. Se realiza la inserción de implante de nylon de manera retrógrada por medio del taladro manual de Jakobs. Se retira el taladro manual y se coloca en el extremo contrario del clavo para retraerlo, de tal manera que su extremo distal quede a nivel de la línea de fractura proximal. Los fragmentos óseos se manipulan firmemente por medio de pinzas para hueso, y auxiliados con el elevador de periostio, se realiza la reducción anatómica de la fractura, manteniéndola mientras el clavo se avanza atravesando la línea de fractura y se asienta con firmeza en el hueso esponjoso metafisario del fragmento distal. En el caso de la tibia se introduce el clavo de manera normógrada para evitar el daño a la articulación. Se retira el taladro manual al igual que las pinzas para hueso; posteriormente, se somete a estrés la línea de fractura para determinar la estabilidad lograda. De igual manera, las articulaciones adyacentes a la reducción se flexiona y extienden para determinar si el clavo está interfiriendo en alguna de las articulaciones; en caso negativo, el clavo se corta de tal manera que quede una pequeña cantidad por debajo de la piel. Posteriormente se monta un primer clavo (de kirschner) en el taladro eléctrico de baja velocidad (300 rpm) y se coloca de manera transversal en la metáfisis proximal perforando la corteza y se perfora el implante de nylon hasta llegar a la corteza contraria. De este modo a quedado cerrojado el implante. Se continúa a colocar un segundo clavo en la metáfisis distal del mismo modo que el clavo colocado proximalmente.

La colocación de estos clavos es de manera percutánea. En los casos en que la colocación de un solo clavo proximal y uno distal no fue suficiente para lograr la estabilidad de la fractura, se coloca un clavo proximal y uno distal más hasta que se lograra la estabilización. Se cortan los clavos y se coloca una barra conectora de polimetilmetacrilato a una distancia entre 1 y 2 cm del miembro afectado. En todos los casos la barra conectora fue colocada de manera unilateral (Tipo I). Se procede a reparar los planos anatómicos incididos, para las fascias se utilizó Vicryl 2-0 (poligalactina 910) con la técnica de sujete continuo con autoanclaje intermitente; siguiendo con una sutura subcuticular continua y reforzándolos con puntos separados en piel con el mismo material.

Se tomó una placa radiográfica de control con dos proyecciones (Cr-Ca y M-L) al terminar la cirugía.

A todos los pacientes, durante el postquirúrgico se les administro por vía oral amoxicilina a dosis de 20 mg/Kg cada 8 horas por 7 días. Como analgésico se administro meglumina de flumixin a dosis de 1.1 mg/Kg por 3 días. Diariamente se realizó limpieza de las interfaces clavo-piel en caso de los pacientes con fijador esquelético externo. Después de siete días se remitieron al refugio canino.

IV.6 Evaluación Clínica:

La evaluación clínica se realizó cada 2 semanas en las cuales fueron citados los pacientes; se llevo a cabo tomando en cuenta lo siguiente:

Examen físico general y el examen ortopédico en estática y dinámica.

Examen físico: se registraron los valores

- Temperatura T.
- Frecuencia cardiaca FC.
- Frecuencia respiratoria FR.
- Tiempo de llenado capilar TLLC.
- Linfonodos L.

Examen ortopédico:

Estática: se evaluó con el criterio de presente (+) o ausente (-):

- Dolor a la palpación.
- Edema e inflamación.
- Crepitación en la zona de la fractura.
- Presencia de secreciones en la zona de interfaces clavo-piel.
- Atrofia muscular.

Dinámica: se evaluó de acuerdo al grado de claudicación:

- Grado I: apenas perceptible.
- Grado II: notable pero apoya el miembro afectado.
- Grado III: apoya el miembro afectado sólo para equilibrarse.
- Grado IV: no apoya y mantiene el miembro en flexión.

Nota: Nota: Se dará como satisfactorio registrar grado I.

IV.7 Evaluación radiológica:

La evaluación radiológica se realizó cada 2 semanas en las cuales fueron citados los pacientes. Se realiza en la misma consulta de la evaluación clínica.

El criterio de evaluación es el siguiente:

- Alineamiento. + (bueno), - (malo).
- Aposición: + (bueno), - (malo).
- Aparato: + (bueno), - (malo).
- Actividad: Perióstica ++ (existe en más del 50 % del hueso), + (existe en menos del 50 % del hueso), - (no existe).
 - Endóstica ++ (existe en más del 50 % del hueso), + (existe en menos del 50 % del hueso), - (no existe)
 - Línea de fractura presente o ausente.

Nota: Se dará como satisfactorio ausencia de línea de fractura en 80% de su totalidad.

Implante intramedular de nylon como método de fijación primario:

En los casos de fijación intramedular con clavo de nylon, como método de osteosíntesis primario, en donde no se den los resultados óptimos, se dará como fallido la osteosíntesis y se procederá a realizar una segunda osteosíntesis con la alternativa de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa. En estos casos, se evaluará al paciente hasta que ocurra la unión clínica y radiológica.

Implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa:

En caso de no obtener resultados óptimos, se procede a corregir la fractura y el retraso de unión con métodos alternos existentes e indicados para cada caso. Dando como fallido la osteosíntesis.

V. RESULTADOS

Caso 1. Húmero.



Fractura Cr-Ca



Fractura M-L



Control



4 semanas



6 semanas



6 semanas



8 semanas



8 semanas



10 semanas



10 semanas

Evaluación clínica

Examen físico

Raza: Mestizo

Peso: 15 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.3° c	98 min	16 min	1 seg	Preescapular aumentado
Semana 4	38.7° c	88 min	15 min	1 seg	Normales
Semana 6	38.7° c	89 min	15 min	1 seg	Normales
Semana 8	38.5° c	95 min	16 min	1 seg	Normales
Semana 10	38.5° c	98 min	17 min	1 seg	Normales

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Control	+	+	-	-	-	IV
Semana 4	+	+	-	-	+	IV
Semana 6	+	+	-	+	+	III
Semana 8	-	-	-	-	-	II
Semana 10	-	-	-	-	-	I

Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	-	+	-	-	presente
Semana 4	+	-	+	+	+	presente
Semana 6	+	+	+	++	++	presente
Semana 8	+	+	+	+	+	presente
Semana 10	+	+	+	-	-	ausente

Observaciones: No acude a consulta en la semana 2.

Se alcanza claudicación grado I y la desaparición de la línea de la fractura a la semana 10.

Se da como exitoso la osteosíntesis con implante intramedular de nylon como método de osteosíntesis primario.

Caso 2- Fémur.



Fractura Cr-Ca



Fractura M-L



Control



Control



4 semanas



4 semanas



6 semanas



6 semanas

Evaluación clínica

Examen físico

Raza: Mestizo

Peso: 15 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.0° c	105 min	20 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 4	38.4° c	101 min	18 min	1 seg	Normales
Semana 6	38.5° c	98 min	16 min	1 seg	Normales

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Control	+	+	-	-	-	IV
Semana 4	-	-	-	-	-	II
Semana 6	-	-	-	-	-	I

Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	-	+	-	-	presente
Semana 4	+	+	+	++	++	presente
Semana 6	+	+	+	+	+	ausente

Observaciones: No acude a consulta en la semana 2.

Se alcanza claudicación grado I y la desaparición de la línea de la fractura en un 90 % de su totalidad a la semana 6.

Se da como exitoso la osteosíntesis con implante intramedular de nylon como método de osteosíntesis primario.

Caso 3. Fémur.



Fractura Cr-Ca



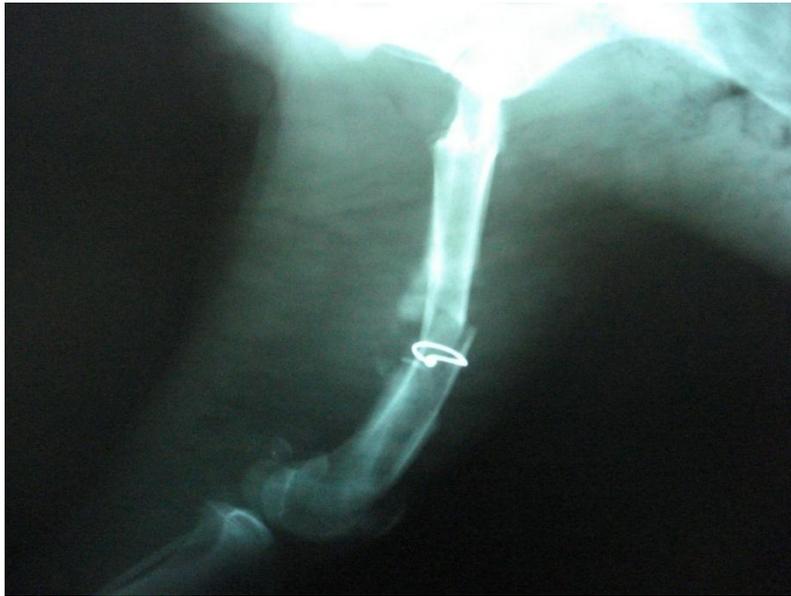
Fractura M-L



Control



Control



2 semanas



4 semanas



6 semanas



8 semanas

Evaluación Clínica

Examen clínico

Raza: Mestizo

Peso: 17 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.2° c	120 min	22 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 2	39.3° c	110 min	20 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 4	38.7° c	105 min	19 min	1 seg	Normales
Semana 6	38.5°c	110 min	20 min	1 seg	Normales
Semana 8	38.5° c	105 min	19 min	1 seg	Normales

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Control	+	+	-	-	-	IV
Semana 2	+	+	+	-	+	IV
Semana 4	+	+	-	-	+	III
Semana 6	+	-	-	-	-	II
Semana 8	-	-	-	-	-	I

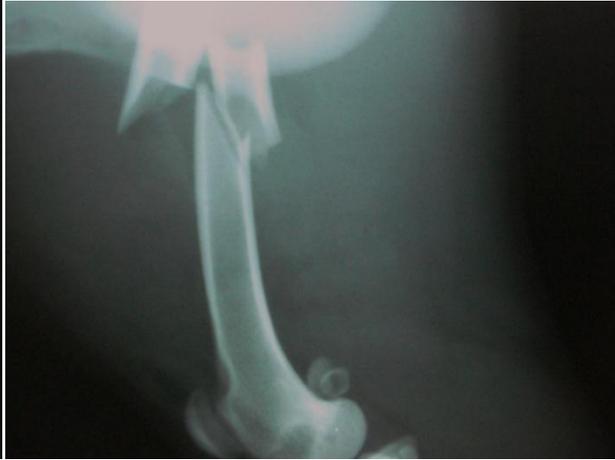
Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	+	+	-	-	presente
Semana 2	+	+	-	+	+	presente
Semana 4	+	+	+	++	++	presente
Semana 6	+	+	+	++	++	presente
Semana 8	+	+	+	++	++	presente

Observaciones: A las 2 semanas se registró crepitación y se procedió a retirar la aguja y colocar un cerclaje. Se obtiene claudicación grado I y la desaparición de la línea de fractura en un 80 % de su totalidad a la semana 8. No fue posible retirar el cerclaje.

Se da como exitoso la osteosíntesis con implante intramedular de nylon como método de osteosíntesis primario.

Caso 4. Fémur.



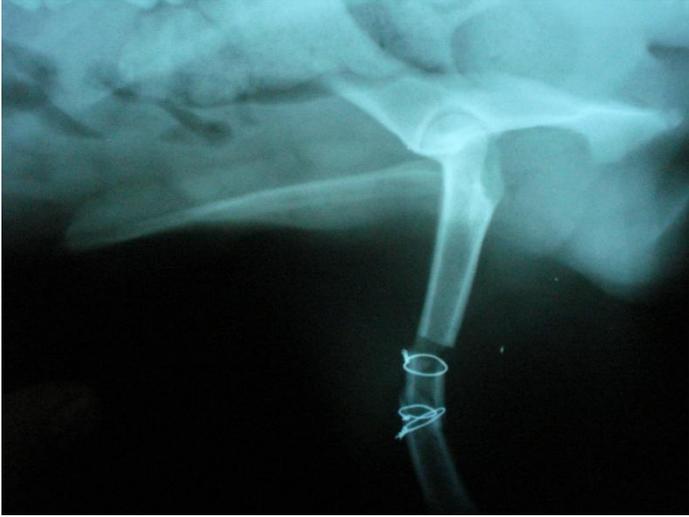
Fractura Cr-Ca

Fractura M-L



2 semanas

Control



4 semanas



6 semanas

Evaluación Clínica

Examen físico

Raza: mestizo

Peso: 20 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
control	39.4° c	110 min	21 min	1 seg	Poplíteos aumentados de tamaño
Semana 2	38.5° c	98 min	16 min	1 seg	Normales
Semana 4	38.5° c	99 min	17 min	1 seg	Normales
Semana 6	38.5°c	100 min	17 min	1 seg	Normales

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Control	+	+	-	-	-	IV
Semana 2	+	+	-	-	-	IV
Semana 4	+	+	-	-	+	IV
Semana 6	+	+	+	-	+	IV

Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	+	+	-	-	presente
Semana 2	+	-	-	-	-	presente
Semana 4	-	-	-	-	+	presente
Semana 6	-	-	-	+	+	presente

Observaciones: Después de seis semanas al examen ortopédico se registro claudicación grado IV, crepitación. Al examen radiológico se observo poca respuesta perióstica y endóstica y líneas de fractura presentes.

Se dio como fallido la osteosíntesis de implante intramedular de nylon como método primario de fijación y se procedió a utilizar la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

Caso 5. Corrección de caso 4. Fémur.



9 semanas



9 semanas



13 semanas



13 semanas



16 semanas



21 semanas

Evaluación clínica

Examen clínico

Raza: Mestizo

Peso: 24 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Semana 9	38.5° c	89 min	16 min	1 seg	Normales
Semana 13	38.5° c	91 min	15 min	1 seg	Normales
Semana 16	38.5° c	88 min	16 min	1 seg	Normales
Semana 21	38.5°c	89 min	16 min	1 seg	Normales

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Semana 9	-	-	-	+	+	II
Semana 13	-	-	-	+	+	II
Semana 16	-	-	-	-	-	I
Semana 21	-	-	-	-	-	-

Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Semana 9	+	+	+	++	++	presente
Semana 13	+	+	+	++	++	presente
Semana 16	+	+	+	++	++	presente
Semana 21	+	+	+	-	-	ausente

Observaciones: Acuden a consulta en otro calendario por disposición del propietario del refugio. Acuden en la semana 9, 13, 16, 21.

Se alcanza una claudicación grado I hasta la semana 16 y se retira la fijación esquelética externa. A la semana 21 se da la unión radiológica y desaparece la línea de fractura.

Se da por exitoso la osteosíntesis con la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

Caso 6. Húmero.



Fractura Cr-Ca



Fractura M-L



Control



Control



2 semanas



2 semanas



4 semanas



4 semanas



4 semanas



4 semanas



6 semanas



8 semanas



8 semanas



12 semanas



12 semanas

Evaluación Clínica

Examen físico

Raza: Mestizo

Peso: 19 kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.6° c	89 min	16 min	1 seg	Preescapular aumentado
Semana 2	39.0°c	90	17 min	1 seg	Preescapular aumentado
Semana 4	39.3° c	87 min	15 min	1 seg	Preescapular aumentado
Semana 6	38.5° c	87 min	16 min	1 seg	Normales
Semana 8	39.5°c	86 min	15 min	1 seg	Preescapular aumentado
Semana 12	39.0°c	89 min	16 min	1 seg	Preescapular aumentado

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de Claudicación
Control	+	+	-	-	-	IV
Semana 2	+	+	-	-	-	IV
Semana 4	+	+	+	-	+	IV
Semana 6	+	+	-	-	+	III
Semana 8	+	+	+	-	+	III
Semana 12	-	-	-	-	-	I

Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	-	+	-	-	presente
Semana 2	+	-	+	-	+	presente
Semana 4	+	-	-	++	++	presente
Semana 6	+	-	+	++	++	presente
Semana 8	+	-	-	++	++	presente
Semana 12	+	+	+	++	++	presente

Observaciones: No acude a consulta en la semana 10.

A las cuatro semanas se registro crepitación y desplazamiento de los cerclajes hacia la línea de fractura y se procedió a retirarlos y colocar dos agujas de kirschner para restringir el movimiento rotatorio del implante de nylon.

A las ocho semanas se registro crepitación nuevamente y se observo una persistencia de la línea de fractura.

Se dio como fallido la osteosíntesis de implante intramedular de nylon como método primario de fijación y se procedió a utilizar la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

A las doce semanas se registro clínicamente una claudicación grado I y se retiro el aparato de fijación esquelética externa. La línea de fractura disminuyo en un 80%.

Se da por exitoso la osteosíntesis con la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

Caso 7. Fémur.



Fractura Cr-Ca



Fractura M-L



Control



4 semanas



6 semanas



6 semanas



8 semanas



10 semanas

Evaluación Clínica

Examen físico

Raza: Mestizo

Peso: 20 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.1° c	116 min	20 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 4	38.6° c	116 min	21 min	1 seg	Normales
Semana 6	38.5° c	114 min	19 min	1 seg	Normales
Semana 8	38.5°c	116 min	19 min	1 seg	Normales
Semana 10	38.5°c	113 min	18 min	1 seg	Normales

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Control	+	+	+	+	-	IV
Semana 4	+	+	+	+	+	II
Semana 6	+	+	-	-	-	II
Semana 8	-	-	-	-	-	II
Semana 10	-	-	-	-	-	I

Evaluación radiográfica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	-	+	-	-	presente
Semana 4	+	-	+	++	++	presente
Semana 6	+	-	+	++	++	presente
Semana 8	+	-	+	++	++	presente
Semana 10	+	-	+	++	++	presente

Observaciones: No acude a consulta en la semana 2.

A las cuatro semanas se observa claudicación grado II con una muy buena respuesta perióstica y endóstica y se considero retirar el implante. A las diez semanas se observo claudicación grado I y disminución de las líneas de fractura en un 80%.

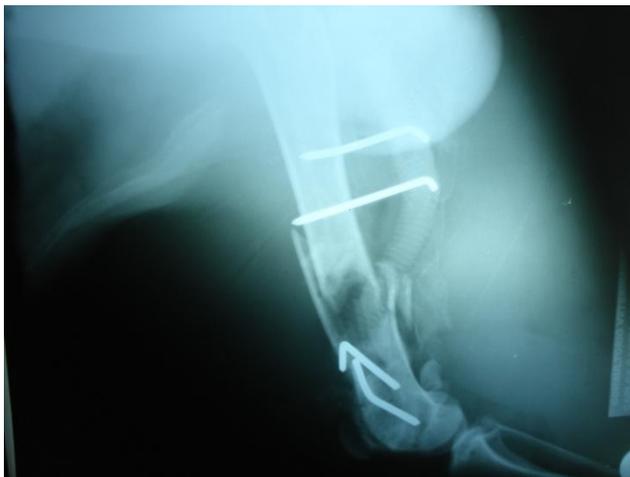
Se da por exitoso la osteosíntesis con la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

Caso 8. Fémur.



Fractura Cr-Ca

Fractura M-L



Control

2 semanas



4 semanas



6 semanas

Evaluación Clínica

Examen físico

Raza: Rottweiler

Peso: 30 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.6° c	110 min	22 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 2	39.0° c	109 min	20 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 4	38.9° c	105 min	19 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 6	38.6°c	107 min	20 min	1 seg	Normal

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Control	+	+	+	+	-	IV
Semana 2	+	+	+	+	+	IV
Semana 4	+	+	+	+	+	IV
Semana 6	+	+	+	+	+	IV

Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	-	+	-	-	presente
Semana 2	+	-	+	-	-	presente
Semana 4	+	-	+	-	-	presente
Semana 6	+	-	+	-	-	presente

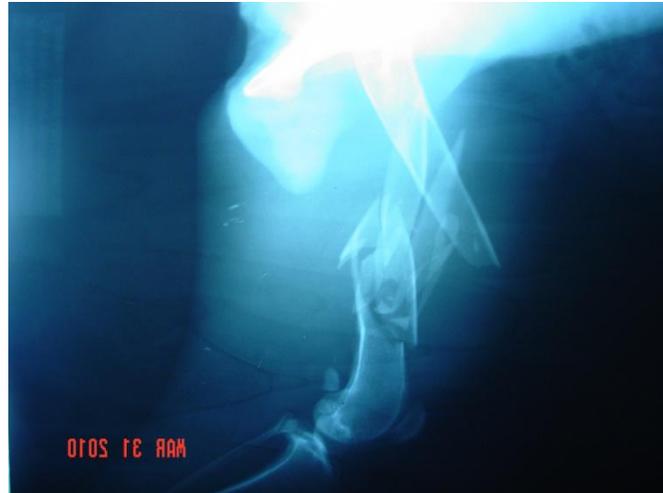
Observaciones: Durante las seis semanas se registro dolor a la palpación, edema e inflamación, crepitación, secreciones en las interfaces clavo-piel, atrofia muscular, claudicación grado IV, radiológicamente no se observo respuesta perióstica ni endóstica y siempre estuvieron presentes las líneas de las fracturas. Se procedió a realizar técnicas de osteosíntesis ya existentes e indicadas para estos casos.

Se da por fallido la osteosíntesis con la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

Caso 9. Fémur.



Fractura Cr-Ca



Fractura M-L



Control



4 semanas



6 semanas

Evaluación Clínica

Examen físico

Raza: Pastor Alemán

Peso: 30 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.4° c	96 min	17 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 4	39.1° c	93 min	16 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 6	39.0°c	87 min	16 min	1 seg	Normal

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de claudicación
Control	+	+	+	+	-	IV
Semana 4	+	+	+	+	+	IV
Semana 6	+	+	+	+	+	IV

Evaluación radiológica

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	-	+	-	-	presente
Semana 4	+	-	+	+	+	presente
Semana 6	+	-	+	+	+	presente

Observaciones: No acude a consulta en la semana 2.

Durante la semana 4 y 6 se registró dolor a la palpación, edema e inflamación, crepitación, secreciones en las interfaces clavo-piel, atrofia muscular, claudicación grado IV, radiológicamente se observó muy poca respuesta perióstica y endóstica, líneas de las fracturas siempre presentes. Se procedió a realizar técnicas de osteosíntesis ya existentes e indicadas para estos casos.

Se da por fallido la osteosíntesis con la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

Caso 10. Fémur, tibia y fíbula.



Fractura Cr-Ca



Fractura M-L



Control



Control



2 semanas



2 semanas



4 semanas



6 semanas



6 semanas



Clavo a las 6 semanas

Evaluación Clínica

Examen físico

Raza: Mestizo

Peso: 23 Kg

Semana	T	FC	FR	TLLC	L
Control	39.4° c	104 min	20 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 2	39.0°c	103	18 min	1 seg	Poplíteo aumentado
Semana 4	38.8° c	101 min	19 min	1 seg	Normales
Semana 6	38.6° c	99 min	16 min	1 seg	Normales

Examen ortopédico

Estática y Dinámica

Semana	Dolor a la palpación	Edema e inflamación	Crepitación	Secreciones clavo-piel	Atrofia muscular	Grado de Claudicación
Control	+	+	-	-	-	IV
Semana 2	+	+	-	-	+	IV
Semana 4	+	+	-	-	+	IV
Semana 6	+	+	+	-	+	IV

Evaluación radiológica

Fémur

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	+	+	-	-	presente
Semana 2	-	-	-	+	-	presente
Semana 4	-	-	-	++	++	presente
Semana 6	-	-	-	++	++	presente

Tibia y Fíbula

Semana	Alineamiento	Aposición	Aparato	Perióstica	Endóstica	Línea de fractura
Control	+	-	+	-	-	presente
Semana 2	+	-	+	+	+	presente
Semana 4	+	-	+	++	++	presente
Semana 6	+	-	+	++	++	presente

Observaciones: En el caso del fémur se obtuvo crepitación a la semana 6 por que el implante de nylon se deforme y venció dando claudicación grado IV.

En caso de la tibia y fíbula no se registro deformación del implante.

Debido a los resultados obtenidos con anterioridad, el propietario del refugio tomo la decisión de no proceder con la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa y se realizo osteosíntesis con aparato de fijación esquelética externa convencional.

Se da como fallido la osteosíntesis con implante intramedular de nylon como método de osteosíntesis primario.

VI. DISCUSIÓN

Las condiciones particulares de nuestro medio, en que las razones económicas gravitan mucho al momento de valorar opciones en el uso de diferentes materiales, nos incentivó a la búsqueda de un material que fuera de fácil obtención, económico, maleable, resistente, esterilizable con métodos sencillos, cuya manipulación requiriera instrumental mínimo.

Al momento de realizar la técnica de implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa, fue más fácil asegurar el clavo intramedular de manera transversal, dejándolos cerrojados con la fijación esquelética externa, que con los clavos cerrojados convencionales que requieren de mucha más experiencia y más instrumental.

El período de observación clínica y radiológica en nuestro experimento no nos permite obtener conclusiones respecto a la eventual actividad inflamatoria tardía.

Una de las cosas a considerar es el peso de los animales. En los casos de la osteosíntesis con implante intramedular de nylon como método de osteosíntesis primario, no consideramos el peso de los animales, ya que en animales con un peso menor a 17 Kg, tuvimos resultados satisfactorios tanto en pronto retorno a la actividad, como en unión radiológica en tiempo, esto de acuerdo con la literatura, no así, con los animales mayores a este peso, en donde se procedió a utilizar la técnica de osteosíntesis con implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa.

En los casos de osteosíntesis con implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa se obtuvieron resultados satisfactorios con animales menores a 20 Kg, ya que en los pacientes con pesos de 30 Kg se observó dolor a la palpación, edema e inflamación, crepitación, secreciones en las interfaces clavo-piel, atrofia muscular, claudicación grado IV, radiológicamente se observó líneas de las fracturas siempre presentes por la poca o nula respuesta perióstica y endóstica.

En los casos de osteosíntesis con implante intramedular de nylon como método de osteosíntesis primario, en donde la configuración de la fractura repartía las fuerzas entre el implante y el hueso, creemos que ayudo para una pronta recuperación.

Osteosíntesis con implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa: en donde la fractura provoca la pérdida de la columna ósea, esto es en fracturas conminutas, el implante de nylon es suficiente para reconstruir esta columna y contrarrestar las fuerzas axiales. En cuanto a las fuerzas de cizallamiento y rotación, el aparato de fijación esquelética externa es suficiente para contrarrestarlas, y al atravesar con este fijador el nylon, pues la migración del clavo queda controlada. Todo esto siempre se dará considerando el peso del animal.

VII. CONCLUSIONES

1. El nylon como implante óseo en el organismo animal, se comporta de manera inocua al examen clínico y radiológico.
2. Es posible utilizar el nylon en forma de implante intramedular como material alternativo de fijación interna en algunas fracturas en huesos largos en la ortopedia veterinaria.
3. El nylon como implante intramedular en fracturas en donde las fuerzas de cizallamiento, rotación y axiales estén repartidas con el mismo hueso, es posible utilizarlo.
4. El nylon utilizado para osteosíntesis en forma de implante intramedular como método de osteosíntesis primario es útil en animales de menos de 17 kg.
5. El nylon utilizado en la técnica de osteosíntesis con implante intramedular de nylon con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa es útil en animales de menos de 20 Kg.
6. El nylon como implante intramedular con función de clavo cerrojado en combinación con fijación esquelética externa, es capaz de neutralizar las fuerzas que actúan en una fractura de huesos largos en animales con peso menor a 20 Kg, entonces es posible utilizarlo como método alternativo para la osteosíntesis de estos huesos en la ortopedia veterinaria de animales menores de 20 Kg.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alberto G L, Grancelli L G, Veronesi D E, Villarroel M A. 2001. Utilización de precintos plásticos en la fijación de placas de polipropileno. *Sel Vet* 9, 174-186.
2. Amato A. 2000. Osteosíntesis mandibular utilizando placas de polipropileno. *Vet Arg* XVII, 632-637.
3. Arellano H M, Santoscoy C. Diplomado a Distancia en Medicina, Cirugía y Zootecnia en Perros y Gatos, Ortopedia modulo 9. 2ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ciudad Universitaria, 2005: 99-168.
4. Brinker, Piermattei, Flo. Manual de Ortopedia y Reparación de Fracturas de Pequeños animales. 3ª ed. Philadelphia: McGraw-Hill, 2007. 26- 49, 68-120.
5. Dyce K M. Anatomía Veterinaria. 2ª ed. U.S.A: McGraw-Hill Interamericana, 1999: 1-8.
6. FloresGE. Cicatrización e integración de hueso desmineralizado en tibias de perros (*Canis Familiaris*) con osteotomías (tesis de maestría). Cuautitlán Izcallí. (Estado de México) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2003.
7. Fossum W T. Cirugía en Pequeños Animales. 2ª ed. Argentina: Intermédica, 2004: 878-963, 983-1022.
8. Guadarrama C, Chiquillo M E. Evaluación clínica. Macroscópica e histológica de la técnica de ovariectomía a perras utilizando bandas de nylon (polímero) como material de ligadura, (tesis de licenciatura). Toluca. (Estado de México) México: Universidad Autónoma del Estado de México, 2002.
9. Guyton A. Tratado de Fisiología Médica. 10ª ed. España: McGraw-Hill Interamericana, 2001: 1081-1094.
10. Kirk R, Bistner S. Manual de Terapéutica y Procedimientos de Urgencia en Pequeñas Especies. 7ª ed. U.S.A: McGraw-Hill Interamericana, 2002: 103-109.
11. Matera A, De Moraes Barros P S, Stopiglia A J, Randi R E. 1981. Hérnia perineal no cão tratamento cirúrgico mediante utilização de malha de polipropileno. *Rev Fac Med Vet Zootec Univ S Paulo* 18, 37-41.

12. Matera A, Randi R E, Spicciati W. 1989. Correção cirúrgica de defeitos do pavilhão auricular. Emprego de malha de polipropileno. *Rev Fac Med Vet Zootec Univ S Paulo* 26, 85-91.
13. Morgan R. Clínica de Pequenos Animales. 4ª ed. España: El Sevier, 2004: 802-805.
14. Santoscoy C. Ortopedia Neurología y Rehabilitación en Pequeñas Especies. Perros y Gatos. 1ª ed. México: El Manual Moderno, 2008: 3-9, 19-40, 53-73, 99-114, 123-139.
15. Shivaprakash B V, Singh G R, Mehrotra M L, Pandey N N. 1998. In vitro and in vivo biocompatibility testing of orthopaedic implants. *Indian Vet J* 75, 1117-1119.
16. Slatter D. Tratado de Cirugía en Pequeños Animales. 3ª ed. Argentina: Intermédica, 2006: 2031-2098, 2179-2193, 2352-2382.
17. Thrall D. Tratado de Diagnóstico Radiológico Veterinario. 5ª ed. Argentina: Intermédica, 2009: 292-312.
18. Tudury E A. 1997. Inmobilização interna da coluna vertebral lombar com placas de cloreto de polivilina, em cães-parte II: Resultados anatomopatológicos. *Ciencia Rural* 27, 103-112.
19. Wheeler J T, González Quintana H. 1998. Efectos locales de los implantes de polipropileno en el perro. Observaciones preliminares. *Sel Vet* 6, 436-439.
20. Wheeler J T, Donadío E C, Rovere R L. 1995. Utilización de placas para osteosíntesis fabricadas en polipropileno. *Rev de Med Vet* 76, 382-392.
21. White R N. 1995. Unilateral arytenoid lateralisation and extraluminal polypropylene ring prostheses for correction of tracheal collapse in the dog. *J Small Anim Pract* 36, 151-158.