

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE FRACTURAS DEL
ESQUELETO APENDICULAR DE LOS ÉQUIDOS, CON BASE
EN LA CLASIFICACIÓN DE FRACTURAS MÜLLER AO:
ESTUDIO DE REVISIÓN

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

JONATHAN URIBE CORTEZ

ASESORES

MVZ MSc. Cert. Alejandro Rodríguez Monterde
MVZ M en C Cert. Luz Gabriela López Navarro

México, D.F.

2014



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.

Dedicatoria

A Sofía nunca dejes de sorprenderte.

Agradecimientos

A todos aquellos que me enseñaron a sentir amor por lo que hago, y disfrutar cada instante.

Contenido

1	Introducción	2
2	Anatomía funcional normal hueso	5
2.1	Crecimiento del hueso	6
2.2	Estructura ósea	8
2.2.1	Componentes celulares	10
2.2.1.1	Osteoblastos.	10
2.2.1.2	Osteocitos	11
2.2.1.3	Osteoclastos	11
2.2.2	Matriz orgánica	14
2.2.2.1	Colágeno	14
2.2.2.2	Proteoglicanos y glucosaminoglicanos	15
2.2.3	Componentes inorgánicos	16
2.3	Osteona	16
3	Biomecánica de las fracturas	20
3.1	Terminología básica de la biomecánica	20
3.1.1	Curva de carga y deformación	20
3.1.2	Tensión y Distensión	22
3.2	Propiedades biomecánicas del hueso	25
3.3	Comportamiento mecánico del hueso	27
3.3.1	Modo de carga	27
3.3.1.1	Tensión	28
3.3.1.2	Compresión	28
3.3.1.3	Sobreflexión	29
3.3.1.4	Torsión	31
3.3.1.5	Cargas combinadas	32

3.3.2	Tasa de dependencia del hueso	32
3.3.3	Fatiga ósea	33
3.3.4	Elevadores de tensión.	35
4	Principios de la clasificación Müller AO de fracturas de huesos largos	36
4.1	Clasificación Müller AO de fracturas de huesos largos	37
5	Adaptación de la clasificación de fracturas Müller AO a los équidos.	47
5.1	Clasificación actual de fracturas utilizada en équidos	47
6	Escápula y Húmero: Región 1	57
6.1	Fracturas de escápula	59
6.2	Fracturas de húmero	62
7	Radio y Ulna: Región 2	77
7.1	Anatomía del radio y la ulna.	77
7.2	Fracturas de radio	78
7.3	Fracturas del ulna	80
8	Fémur y Patela: Región 3	96
8.1	Anatomía del fémur y la patela	96
8.2	Fracturas de fémur	97
8.3	Fracturas de Patela	100
9	Tibia y Fíbula: Región 4	118
9.1	Anatomía de la tibia y fíbula.	118
9.2	Fracturas de tibia.	121
9.3	Fractura de fíbula	124
10	Metacarpos/Metatarsos y Sesamoideos Proximales: Región 7	138
10.1	Anatomía de los metacarpos/metatarsos y huesos sesamoideos proximales	138
10.2	Fracturas del tercer metacarpo / metatarso	139
10.3	Fracturas de II y IV metacarpo/metatarso	142
10.4	Fracturas de sesamoideos proximal	143
11	Falanges y sesamoideo distal: Región 8	169

11.1 Anatomía de las Falanges y hueso sesamoideo distal.	169
11.2 Fracturas de primera falange.	172
11.3 Fracturas de segunda falange.	174
11.4 Fracturas de tercera falange.	176
11.5 Fracturas de sesamoideo distal.	178
12 Principios de reparación de fracturas	201
12.1 Reparación de las fracturas	201
12.1.1 Osificación intramembranosa	202
12.1.2 Osificación endocondral.	205
12.2 Fases de la reparación de las fracturas.	207
12.2.1 Fase inflamatoria	207
12.2.2 Fase de reparación	209
12.2.3 Fase de remodelación	209
12.3 Proteínas estructurales y enzimas	213
12.4 Factores de crecimiento, citocinas y prostaglandinas.	218
12.5 Mecanismos de unión de la fractura	220
13 Principios del tratamiento de fracturas.	224
13.1 Estabilización de fracturas.	224
13.1.1 Falanges y porción distal del metacarpo	226
13.1.2 Desde la porción media del metacarpo hasta la porción distal del radio	229
13.1.3 Porción media y proximal del radio	229
13.1.4 Porción proximal del miembro hasta el codo.	230
13.1.5 Falanges y porción distal del metatarso	231
13.1.6 Porción media y proximal del metatarso	232
13.1.7 Tarsos y tibia	232
13.2 Osteosíntesis en equinos.	233
13.2.1 Objetivos del tratamiento	234
13.2.2 Planeación y toma de decisiones	236
13.2.3 Preparación del paciente	241
13.2.4 Elementos de la osteosíntesis	243

13.2.4.1 Tornillos de compresión interfragmentaria	243
13.2.4.1.1 Tornillos de cortical	245
13.2.4.1.2 Tornillo de esponjosa	246
13.2.4.2 Fijación con placas.	248
13.2.4.3 Injerto de hueso esponjoso	252
14 Bases para establecer el pronóstico	254
15 Bibliografía	247

RESUMEN

URIBE CORTEZ JONATHAN. Propuesta de un sistema de clasificación de fracturas del esqueleto apendicular de los équidos adaptado de la clasificación de fracturas Müller AO: Estudio de revisión (bajo la dirección de MVZ MSc. Cert. Alejandro Rodríguez Monterde y de MVZ M en C Cert. Luz Gabriela López Navarro)

Las patologías asociadas al sistema locomotor son la principal causa de atención médica en la clínica en équidos, estas incluyen las fracturas del esqueleto apendicular como una de las entidades patológicas más comunes, afectan a individuos de cualquier edad, sexo, raza y función zootécnica; motivo por el cual repercute en la industria ecuestre en todos sus niveles y crea la necesidad de comprender la patología ampliamente, por lo cual es indispensable describir su disfunción anatómica en una nomenclatura que tiene como base la clasificación de fracturas de hueso largos Müller de la Asociación para el estudio de la osteosíntesis (AO) por ser sistemática, sencilla y adaptable.

Esta clasificación se realizó como resultado de la búsqueda y análisis de información que permitió -además de crear una adaptación del sistema antes mencionado- incluir aspectos más importantes relacionados con la anatomía funcional, la etiología, la reparación, el tratamiento y el pronóstico en los casos de fracturas óseas.

1 Introducción

Dentro de los problemas que se presentan en la práctica de la medicina y clínica de équidos, uno de los más frecuentemente encontrados son las patologías que afectan el aparato locomotor, las cuales corresponden aproximadamente al 80% y de ellas, cerca del 49% están relacionadas con lesiones en tejidos óseos, siendo las fracturas la patologías más frecuentemente encontradas.¹ De ahí, la necesidad de crear una propuesta de clasificación de fracturas de huesos del esqueleto apendicular en équidos, se adaptará a partir de la Clasificación de fracturas Müller de la Asociación para el estudio de la osteosíntesis (AO), la cual es una clasificación estándar utilizada por los cirujanos ortopeditas, traumatólogos y médicos cirujanos de todo el mundo que se ocupan de trauma esquelético, además de brindar la posibilidad de establecer un mejor acercamiento al diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las mismas.²

Para comprender esta entidad patológica es necesario primero conocer la anatomía funcional del mismo, además de entender la respuesta que esta tiene a cada fuerza -tanto externa como interna- a la que es sometido; la cual, está relacionada con el reconocimiento de la anatomía disfuncional postfractura, y el resultado de la configuración o trazos de la fractura, las cuales, a su vez, deben ser especificadas, para, de esta manera, poder establecer un plan terapéutico y un pronóstico más acertados.³

El tejido óseo (hueso) bajo circunstancias anatomofuncionales normales y debido a su intrincada organización micro y macro estructural posee una alta actividad metabólica, que le permite una rápida respuesta a las agresiones y demandas físicas y biomecánicas, especialmente en animales jóvenes. La actividad diaria y el ejercicio físico ejercen un complejo de fuerzas de tensión y torsión que causa una gran cantidad de deformaciones en el sistema esquelético. La dirección y magnitud de estas fuerzas de torsión y tensión depende de la geometría (anatomía propia) del hueso, la dirección y magnitud de la carga impuesta.⁴

La remodelación del hueso en los caballos como respuesta a las fuerzas aplicadas se da siguiendo los principios de la ley de Wolff la cual refiere, que: el hueso es resorbido donde no se necesita y producido en donde es necesario, creando una remodelación adaptativa la cual puede modificarse mediante el entrenamiento de los caballos, Desafortunadamente, existe una delgada línea entre lo que se considera una condición adaptativa normal al entrenamiento y una condición patológica ósea por un posible sobre-entrenamiento. Esta respuesta ontogénica está determinada por la magnitud y potencia de las fuerzas aplicadas, por un régimen de ejercicio inadecuado -como excesivas repeticiones de una carga normal-, o por una excesiva carga única, que pueden ayudar a producir fracturas por fatiga las cuales, causan signos clínicos vagos y son difícilmente detectables. Lo anterior, provoca que se sobrepase la tolerancia del tejido a cargas de torsión y tensión pudiendo provocar una fractura, que puede ocurrir como consecuencia de un solo evento, o bien, como resultado de pequeñas fuerzas y continuas que no han permitido la correcta remodelación del hueso.^{2,7}

El término fractura se refiere a la pérdida de la continuidad estructural del hueso, donde su anatomía funcional y su funcionamiento se ve afectada en grados variables. El grado de alteración de la función, las estructuras involucradas y el tipo de fractura determinan el grado de claudicación, y estas ocurren generalmente como resultado de un solo evento traumático que provoca una disrupción completa del hueso, en contraste con las fracturas por estrés que son debidas a traumatismos crónicos que debilitan poco a poco al hueso, por lo que la actividad osteoclástica es más rápida que la actividad osteoblástica, creando una ventana de vulnerabilidad.^{2,7}

El pronóstico de la reparación de fracturas completas en los caballos depende de: el hueso afectado, del temperamento del caballo, de la edad, del peso y tamaño de los caballos, de las características específicas de la fractura y de la experiencia del cirujano, por nombrar sólo algunos. Las fracturas completas de los huesos largos de los caballos están entre las lesiones más difíciles de tratar con éxito y muchos caballos son todavía muertos humanitariamente, debido a la gravedad de la fractura o en su caso, sometidos a tratamientos inespecíficos y poco exitosos.^{8,9}

2 Anatomía funcional normal hueso

El hueso es una forma especial de tejido conjuntivo con una trama de fibras de colágeno impregnada con sales de calcio y fosfato, que junto con las articulaciones, ligamentos y cartílago conforman un sistema biológico llamado esqueleto, el cual, en los organismos tiene muchos propósitos esenciales, como: la protección de órganos internos, proveer de vínculos cinemáticos rígidos que permiten la locomoción, brinda sostén de cargas contra la fuerza de gravedad, facilita la acción de la actividad de los músculos y de los movimientos del cuerpo, es el sitio de anclaje de músculos, y participa en la homeostasis global del calcio y fósforo.⁵

El principal componente del esqueleto es el hueso (tejido óseo), el cual, como ya se dijo es tejido conectivo vivo y rígido por la deposición de minerales, éste posee características estructurales únicas, tales como ser una de las sustancias más duras del cuerpo superadas sólo por el esmalte y la dentina de los dientes. Su intrincada organización macro y micro estructural, combinada con su elevada actividad metabólica, permiten una rápida respuesta a muchas de las demandas físicas y biomecánicas, de tal modo, que de manera normal, se observa una resorción constante y formación de tejido nuevo, lo cual, hace posible la remodelación, y permite al hueso reaccionar a las grandes fuerzas de tensión y distensión que se le imponen, lo cual aunado a que es un tejido altamente vascularizado le da una gran capacidad de auto reparación.^{10,11}

2.1 Crecimiento del hueso

En el desarrollo fetal, casi todos los huesos son modelados en cartílago, para después osificarse y convertirse en hueso por formación endocondral. Las excepciones son los huesos maxilares y algunos huesos del cráneo, en los cuáles la formación ósea se produce directamente a partir de células mesenquimatosas por formación intramembranosa.^{5,11}

El hueso inmaduro es dividido en cuatro secciones. La fisis presente en uno o ambos extremos de hueso y que separa la epífisis y la metáfisis; es también llamada placa de crecimiento, la cual, es una lámina de cartílago que prolifera activamente y es la responsable del crecimiento de la mayoría del hueso en animales jóvenes a través de la osificación endocondral⁹; el hueso, aumenta su longitud conforme dicha lámina deposita tejido nuevo en el extremo de la diáfisis. La anchura de la lámina epifisiaria es proporcional a la rapidez de crecimiento; dicho parámetro es modificado por diversas hormonas, pero muy particularmente por la hormona hipofisiaria del crecimiento y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo I, este crecimiento lineal del hueso se produce durante el lapso en que las epífisis están separadas de la diáfisis, pero cesará una vez que una y otras regiones se alcanzan causando el cierre epifisiario. En este punto, las células de cartílago cesan de proliferar, muestran hipertrofia y secretan el factor de crecimiento endotelial vascular, que culmina en la vascularización y la osificación. Las fisis de diversos huesos se cierran en una sucesión cronológica y ordenada de tal manera que, es posible saber el rango de la edad en que cada una de las fisis cierran de manera normal; es decir, la edad ósea y permite determinar la edad aproximada de un individuo joven por medio de radiografías del esqueleto, así

como, detectar las fisis que aun están abiertas y las que ya cerraron.⁵ Como en un animal maduro la fisis es obliterada y la expansión entera del hueso es representada por la metáfisis compuesta por hueso esponjoso o trabecular rodeado por una corteza densa y denso hueso subcondral. La región central entre las metáfisis es la diáfisis, la cuál es una estructura con una cavidad central que contiene el mayor aporte arterial del hueso y la médula ósea roja; una porción de esta médula contiene elementos hematopoyéticos, aunque la mayoría de los mismos se encuentran en el hueso trabecular en la metáfisis y en el esqueleto axial.^{12,13}

El hueso entero están cubierto por periostio excepto las partes cubiertas por cartílago articular o la inserciones de ligamentos, tendones y cápsulas, esté periostio se compone por dos capas: una exterior compuesta, por fibras permeables, vasos sanguíneos y fibras nerviosas, y que sirve de soporte a la capa interna y, una interna, con células osteogénicas necesarias para la reparación de fracturas, y, que a su vez, es responsable del crecimiento aposicional en el esqueleto maduro. Durante el crecimiento, la capa osteogénica del periostio es gruesa, altamente vascularizada y adherida al hueso. En el esqueleto maduro es delgada y comienza a perderse la adherencia al hueso.¹³ Fig. 1.1

En resumen: la diáfisis, donde se calcifica el cartílago, es reemplazada por hueso. El cartílago fial es la placa de crecimiento y calcificación entre la epífisis y la metáfisis durante el crecimiento óseo. La línea fial es la lámina radioopaca de hueso denso en el plano de fusión de la epífisis con la diáfisis –el vestigio del cartílago fial-. Un centro primario de osificación está en la diáfisis, y, un segundo centro de osificación está en cada epífisis.

2.2 Estructura ósea

A nivel macroscópico es posible distinguir dos tipos de hueso en un esqueleto maduro: uno duro, que es el hueso compacto o cortical, en el eje de los huesos largos y constituye hasta el 80% de los huesos corporales, donde la proporción superficie/volumen es pequeña y los osteocitos se envientran dentro de las lagunas; estos, son nutridos por medio de conductos que se ramifican en todo el hueso llamados canalículos óseos (conductos de Havers)⁵, y el otro tipo de hueso, que es trabecular o esponjoso, y que comprende el 20% restante en el organismo y esta compuesto por una fina red de láminas intercaladas llamadas trabéculas que contienen la médula ósea roja hematopoyética, éste tipo de hueso es el que forma parte de la mayoría de los huesos del esqueleto axial y los extremos de los huesos largos¹⁴, con una proporción superficie/volumen muy extensa y muchas células se asientan en la superficie de las láminas. En éste tipo de hueso, los nutrientes difunden desde el líquido extracelular hacia el interior de las trabéculas.⁵ Los huesos del esqueleto apendicular son generalmente estructuras largas y estrechas de forma cilíndrica, con una predominante corteza en el tercio medio de éstos; la longitud de los huesos de los caballos les proporciona velocidad y fuerza, además, de disminuir el estrés en la superficies articulares, distribuyendo las cargas a lo largo de sí mismo.¹²

En la micro estructura de hueso, tres principales componentes están íntimamente asociados entre sí para permitir una rápida respuesta a requerimientos mecánicos y homeostáticos del cuerpo. Estos componentes son: células, matriz orgánica extracelular y la porción inorgánica del hueso.⁵

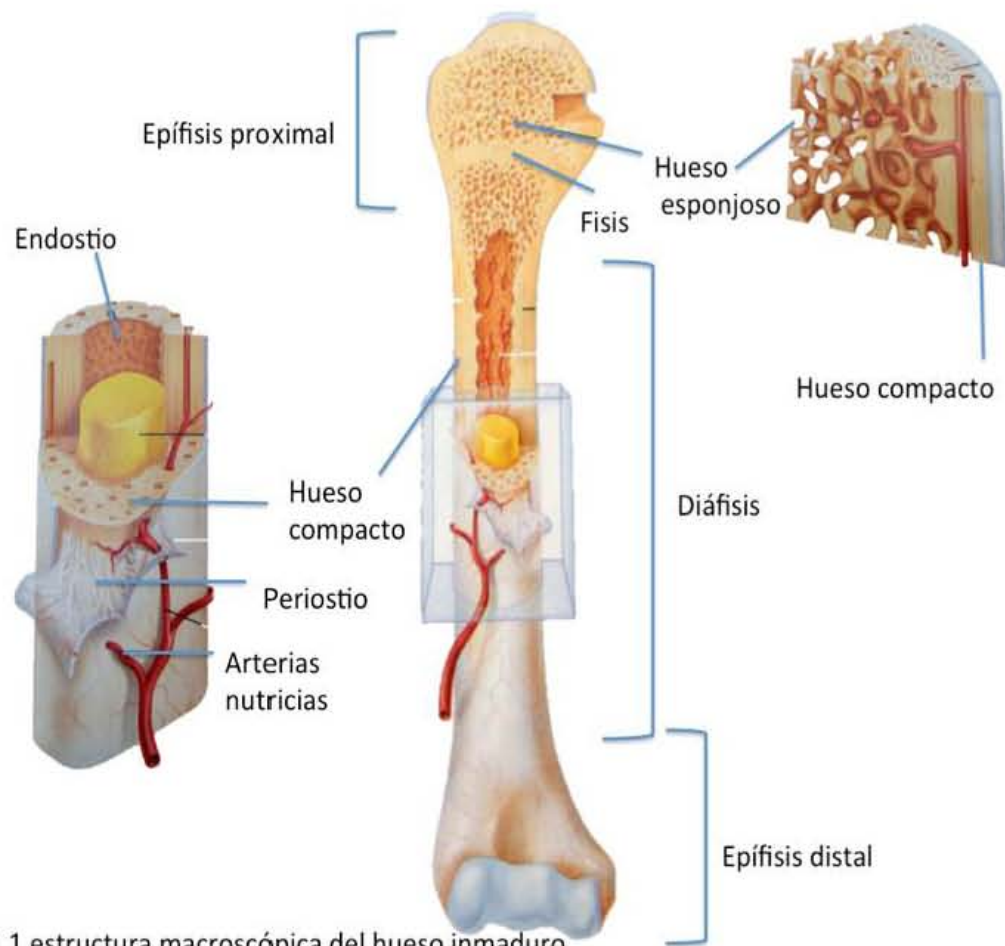


Figura 1.1 estructura macroscópica del hueso inmaduro

Modificado de: MARIEB EN, HOEHM K. Human anatomy & physiology 2010

2.2.1 Componentes celulares

Morfológicamente las superficies de los huesos son cubiertas por osteoblastos y osteoclastos, que de manera combinada son los responsables de un proceso simultáneo y constante de formación y resorción de hueso; los osteocitos son el tercer componente celular en número y residen dentro del hueso y se comunican con otros osteocitos y con los osteoblastos por medio de canales llamados canalículos óseos.⁵

2.2.1.1 Osteoblastos.

Los osteoblastos que se desarrollan a partir de células mesenquimales o fibroblastos osteoprogenitores. Su desarrollo inicia al igual que el de los fibroblastos, regulado por el factor del crecimiento y más tarde, contribuyen en su diferenciación factores de transcripción específicos de la osificación, como el Cbfa1/Rnx2. La importancia de dicho factor de transcripción en el desarrollo de los huesos se puede conocer gracias a estudios en ratones, a los cuales se ha provocado deficiencia de éstos genes; en ellos, al final de la vida fetal, muestran esqueletos formados totalmente de cartílago, sin producción de osificación.^{5,10,11}

Los osteoblastos cubren la mayor parte de la superficie del hueso y son responsables de la formación de la matriz orgánica u osteoide. Los osteoblastos depositan este osteoide en la superficie del hueso, envolviéndose a sí mismos en capas concéntricas formando las lagunas osteoides. Ultra estructuralmente, los osteoblastos contienen un abundante retículo endoplásmico, ribosomas, aparato reticular (aparato de Golgi) y mitocondrias, los cuales son responsables de darle al

hueso una alta actividad metabólica y productiva. Son los encargados de producir el colágeno, proteoglicanos y otras proteínas no colágenas.⁵

2.2.1.2 Osteocitos

Estas células constituyen aproximadamente 10 % de los osteoblastos que se encuentran enclaustrados en la matriz ósea. Comparados con los osteoblastos, éstos tienen menor cantidad de organelos pero tienen una gran cantidad de procesos citoplasmáticos que se extienden rodeando la matriz y llenan los canalículos del hueso. Estos procesos hacen contacto los procesos de otros osteocitos y osteoblastos formando un intrincado sistema de transportes y comunicación dentro del hueso. Esta interconexión de osteocitos incrustados profundamente, y osteoblastos superficiales regulan el flujo de iones minerales desde el espacio extracelular que rodea los osteoblastos hasta los osteocitos, y de éstos hasta el fluido extracelular que los rodea, y finalmente, de este fluido hasta los minerales que rodean a los osteocitos. Este arreglo permite a la población de osteocitos regular el intercambio de iones minerales entre en el fluido extracelular y el hueso, por el sistema canalicular en grandes áreas del hueso.⁵

2.2.1.3 Osteoclastos

Este tipo de células son responsables de la mayor resorción en el hueso. Estas son grandes células multinucleadas originadas de la familia de los monocitos en o cerca de las superficies de los huesos², que residen dentro de concavidades llamadas lagunas óseas (Lagunas de Howship). Su origen comienza como células del estroma de la médula ósea que expresan el activador del receptor y su vínculo con el factor nuclear $\kappa\beta$ (RANKL) en su superficie. Cuando las células se ponen en

contacto con monocitos apropiados que expresan recepción, se activan dos vías de señalización diferentes. La primer vía produce una interacción entre el activador del receptor relacionado con el receptor del factor nuclear $\kappa\beta$ y el activador de receptor de factor nuclear $\kappa\beta$ (Rank) entre los dos pares de células. La segunda vía de señalización produce que las células no monocíticas secreten el factor estimulador de colonias de monocitos (M-CSF), el cual se fija a su receptor correspondiente en los monocitos (c-fms). La combinación de los dos fenómenos señalizadores culmina con la diferenciación de monocitos en osteoclastos. Las células precursoras también secretan osteoprotegerina (OPG), que controla la diferenciación de los monocitos al competir con el activador del receptor nuclear $\kappa\beta$ por la unión con el vínculo (RANKL).^{10,11} El tamaño y número de núcleos en los osteoblastos varía, pero cada núcleo generalmente se asocia con un aparato de reticular perinuclear. Además, de algunos organelos como ribosomas pero contienen gran cantidad de mitocondrias.⁵

Los osteoclastos erosionan y absorben hueso ya formado en las antes mencionadas lagunas de óseas que son los sitios de actividad de resorción ósea, la cual, se realiza en zonas pequeñas por poblaciones de células llamadas unidades osteoremodeladoras. El área de contacto entre el osteoblasto y el hueso consiste de dos regiones, el borde de resorción y la zona de sellado; se adhieren al tejido óseo por medio de las integrinas en una extensión de la membrana llamada zona de sellado; de este modo, se genera un área aislada entre el hueso y una parte del osteoclasto. Como paso siguiente, las bombas de protones son desplazadas de los endosomas a la membrana celular en aposición al área aislada, y la acidifican hasta un pH aproximado de 4.0, se identifican bombas semejantes de

protones en los endosomas y los lisosomas de todas las células eucariotas, pero solo en otras escasas situaciones penetran en la membrana celular. En este sentido, ha de hacerse hincapié en que la zona de sellado formado por el osteoclasto se asemeja a un lisosoma. El pH ácido disuelve la hidroxiapatita y las proteasas ácidas secretadas por las células desintegran las fibras de colágeno y forman una depresión superficial en el hueso. Como paso siguiente, se lleva a cabo la endocitosis de los productos de la digestión y se desplazan por todo el osteoclasto por medio de transcitosis y son liberados en el líquido intersticial. Los productos de desintegración de las fibras de colágeno tienen estructura de piridinolina y es esta sustancia la que se mide en la orina como un índice de la rapidez de resorción ósea.^{5,10}

El borde de resorción está compuesto por pliegues interdigitados de la membrana, y la zona de sellado que se caracteriza por una membrana muy densa, y homogénea que se encuentra en aposición cerrada al hueso y aísla el borde de resorción previniendo una fuga de enzimas lisosomales y iones de hidrógeno permitiendo así que estas sustancias producidas por los osteoclastos se concentren en el sitio de resorción. Los osteoclastos producen fosfatasas ácidas y colagenasas que primero disuelven minerales y después remueven la matriz orgánica a una profundidad de 1-2 micrómetros. En el espacio extracelular se pueden observar, cristales de hidroxiapatita y fibras de colágeno entre los pliegues citoplasmáticos después de comenzada la degradación, estos son tomados por endocitosis, transportados a través de la célula y extruidos en el espacio extracelular.⁵

Los osteoclastos elaboran túneles en el interior del hueso cortical, seguidos de osteoblastos, en tanto la remodelación de hueso trabecular se produce en la superficie de las trabéculas. Esta remodelación depende de las fuerzas de tensión y distensión que impone la fuerza de gravedad al esqueleto.⁵

En el ámbito intercelular, existe algún control de la formación de osteoclastos por parte de los osteoblastos, por medio del activador del receptor del factor nuclear $\kappa\beta$ y el mecanismo factor estimulador de colonias de monocitos–osteoprotegerina; sin embargo, no se han definido con nitidez los mecanismos de retroalimentación específicos de los osteoclastos, en los osteoblastos. En general, la remodelación esta básicamente sometida a control endocrino. La hormona paratiroidea acelera la resorción de hueso y los estrógenos la hacen más lenta al inhibir la producción de citocinas osteoerosivas como la interleucina 1 y 6 además del factor de necrosis tumoral α que son estimulantes del desarrollo de los osteoclastos y también favorecen la producción del factor transformador de crecimiento β , el cual intensifica la apoptosis de los osteoclastos.¹⁵

2.2.2 Matriz orgánica

2.2.2.1 Colágeno

La matriz orgánica del hueso actúa como un soporte estructural para la deposición y cristalización de sales inorgánicas. Esta matriz compone el 21% del peso de hueso, el resto de hueso está compuesto por la matriz inorgánica (71%), y agua (8%). Aproximadamente 95% de la matriz orgánica esta formada por colágeno predominantemente de tipo I, el colágeno es la proteína más abundante en los mamíferos siendo entre el 20 y el 50% de peso seco de los huesos largos de un

adulto, aproximadamente el 70 % de peso seco de la piel, y aproximadamente 90% de peso seco de un tendón.⁵

La ultraestructura única del colágeno da una excelente fuerza en tensión. El colágeno está compuesto de tres cadenas polipeptídicas estrechamente plegadas cada una contiene aproximadamente 1000 aminoácidos llamadas cadenas alfa. La unidad básica del colágeno es la tropocolágena compuesta por tres polipéptidos de procolágena enroscados en una hélice hacia la izquierda, las cuales se enrollan además alrededor de otra hacia la derecha formando una triple hélice. Las moléculas de tropocolágena polimerizadas forman grandes fibras de colágeno por medio de puentes covalentes entre ellas, los cuales le dan una alta fuerza tensil. Las fibras individuales se encuentran organizadas de manera escalonada y separadas por lagunas llamadas zonas de agujeros y es en estos sitios donde se inicia la mineralización dentro del colágeno.¹¹

Los colágenos componen una familia de proteínas vinculadas estructuralmente que conservan la integridad de muchos órganos. Hasta la fecha se han identificado 15 tipos de colágeno codificados por más de 20 genes distintos.⁵

2.2.2.2 Proteoglicanos y glucosaminoglicanos

El 5% restante de la matriz orgánica es la sustancia fundamental, la cual está compuesta por proteoglicanos y glucosaminoglicanos. Los primeros, son sustancias de alto peso molecular, compuesto por ácidos glucosaminoglicanos que proveen flexibilidad y resiliencia a la matriz de tejido conectivo; en el hueso; estos proteoglicanos no forman los grandes agregados como lo hacen en otros tejidos -como el cartílago-; los glucosaminoglicanos también sirven como la

substancia de cementación entre las capas de fibras de colágena mineralizada en el hueso laminar.⁵

2.2.3 Componentes inorgánicos

La porción mineral del hueso consiste primariamente de calcio y fosforo, la mayoría en forma de pequeños cristales parecidos a los cristales sintéticos de hidroxiapatita y que tiene la siguiente composición $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$; además de estos minerales, también se encuentran en cantidades variables carbonatos, magnesio, flúor y citratos, la combinación de estos minerales es la responsable de su resistencia mecánica.⁵

2.3 Osteona

A nivel microestructural la unidad funcional del hueso es la osteona. El centro de cada es un pequeño canal llamado canal central (canal haversiano), que contiene los vasos sanguíneos, fibras nerviosas y canales tipo linfáticos. Rodeando al canal central hay una serie de capas o láminas concéntricas de hueso mineralizado llamadas láminas de la osteona. A lo largo de los límites de cada lámina hay pequeños canalículos que son irradiados de estas lagunas y conectan con láminas adyacentes después del último canal. Los procesos celulares se extienden desde los osteocitos hasta dentro de los canalículos, permitiéndoles llevar nutrientes desde los vasos sanguíneos en los canales hasta alcanzar al osteocito⁵ Fig. 1.2 y 1.3

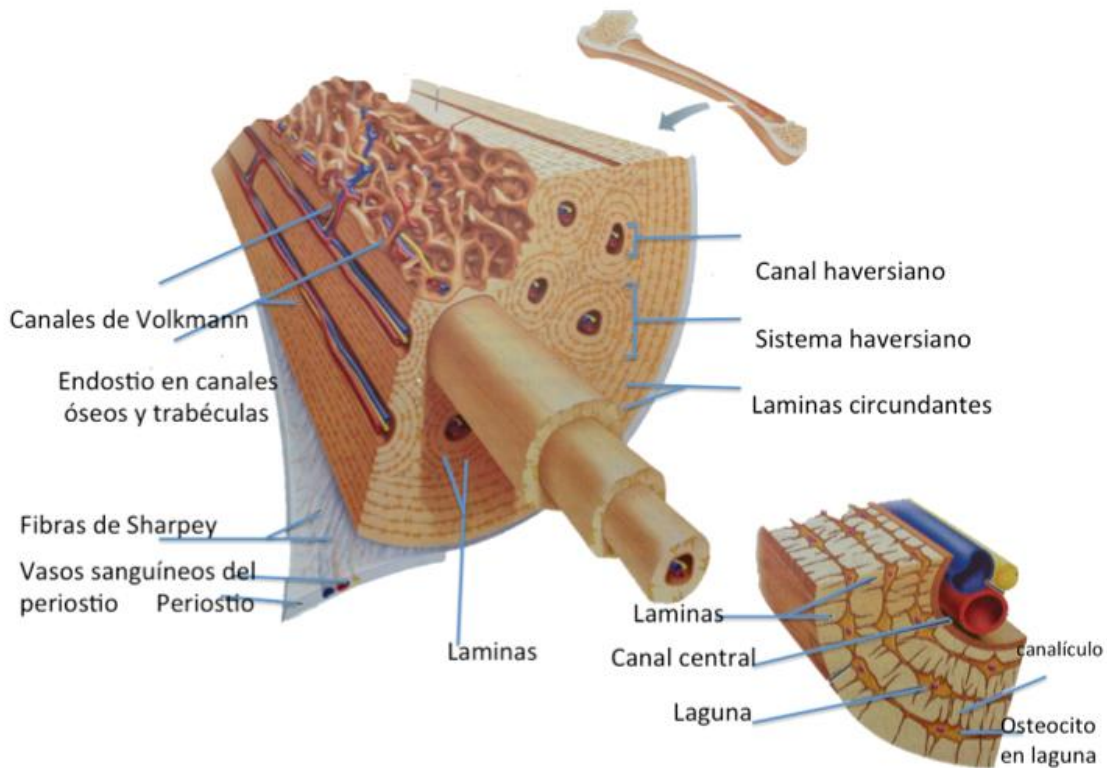


Figura 1.2 estructura microscópica del hueso compacto
 Modificado de: MARIEB EN, HOEHM K. Human anatomy & physiology 2010

A la periferia de cada osteona hay un área estrecha de cemento compuesta por glucosaminoglicanos. El canaliculo de la osteona no cruza esta línea de cemento. Las fibras de colágeno en la matriz ósea se interconectan de una lámina a otra dentro de la osteona pero tampoco cruzan esta línea de cemento; esta interconexión de colágenos entre osteones incrementa la resistencia a las fuerzas mecánicas y explica porqué la línea de cemento es la porción microestructural más débil del hueso. En el esqueleto apendicular las osteonas corren longitudinalmente, pero comúnmente proyectan brazos y forman extensas anastomosis.⁵

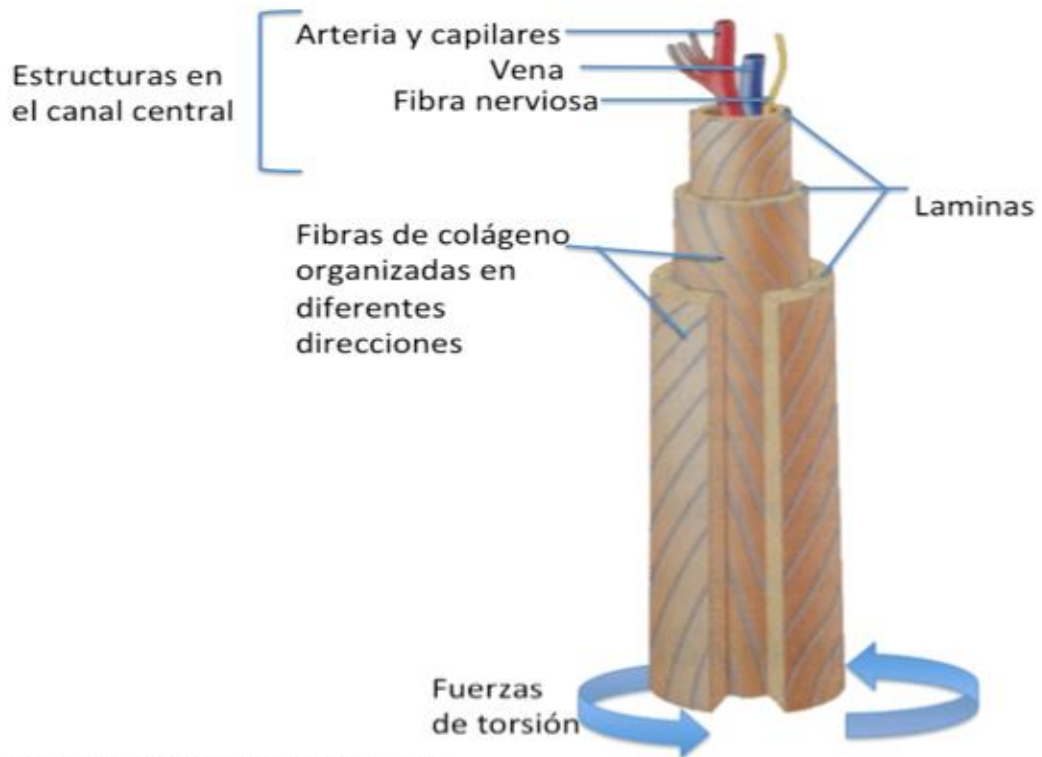


Figura 1.3 estructura del Osteon

Modificado de: MARIEB EN, HOEHM K. Human anatomy & physiology 2010

Las láminas abarcan regiones entre osteonas y las interfaces entre ellas contienen numerosos osteocitos dentro de las lagunas que se interconectan unas con otras a través del sistema canalicular.^{11,14}

En el desarrollo embrionario y en la reparación de fracturas, el tejido óseo es el primer hueso en aparecer, y este, es gradualmente reemplazado por hueso laminar como procesos de crecimiento o reparación. El tejido óseo sirve solo como una estructura temporal, excepto en localizaciones especiales como los alveolos dentarios y los laberintos óseos. Este tejido óseo es caracterizado por ser un haz de fibras gruesas que corren entrelazadas al azar en contraste con el hueso laminar donde son delgadas fibras arregladas en hojas paralelas o curvas concéntricas.⁵

Hay dos distintos tipos de osteonas presentes en el hueso laminar: primarias y secundarias. Las osteonas primarias se forman durante el crecimiento aposicional del hueso, cuando este incrementa de diámetro. Los osteoblastos en la superficie del hueso depositan láminas sucesivas de nuevo hueso progresivamente disminuyendo en calibre de cada espacio vascular. El resultado, es una completa anastomosis de hueso en áreas previamente ocupadas por el espacio vascular, y son llamadas osteonas primarios o sistemas primarios (sistemas haversianos primarios). Estas osteonas usualmente corren paralelos a lo largo del eje del hueso, pueden contener uno o varios canales vasculares y están siempre rodeados por tejido óseo.

Las osteonas secundarias se forman durante el proceso continuo de remodelación que ocurre a lo largo de la vida. Los osteoblastos en el interior de las superficies de los conos cortadores entonces depositan sucesivamente capas de tejido laminar con una orientación de fibras ordenadas. El calibre de cada cavidad, es así, gradualmente reducido hasta formar un pequeño remanente del canal vascular. Los nuevos cilindros de hueso son llamados osteonas secundarias (sistema haversiano secundario), que consisten de hojas concéntricas de hueso laminar. A diferencia de los osteones primarios, los osteones secundarios son siempre limitados por líneas de cemento, que es formada cuando la actividad osteoclástica cesa y la formación ósea osteoblástica se reanuda.^{5,11}

3 Biomecánica de las fracturas

Una fractura ósea consiste principalmente en la pérdida de la continuidad de hueso, afectando la anatomía funcional normal del mismo y, dando como resultado una movilidad disfuncional y patológica con una pérdida de su función de soporte, y en última instancia, dolor intenso.¹⁶

Para comprender la etiología o causa de las fracturas, así como, la respuesta que tiene el hueso para su reparación, deberá conocerse y entenderse la anatomía funcional normal del hueso -anteriormente revisada- y el comportamiento biomecánico del mismo.

3.1 Terminología básica de la biomecánica

3.1.1 Curva de carga y deformación

Las propiedades mecánicas más importantes del hueso son la fuerza y rigidez. Estas características biomecánicas pueden ser evaluadas examinando el comportamiento biofísico de las estructuras anatómicas cuando son sometidas a fuerzas externas, llamadas cargas. Someter una estructura a una carga causa una deformación, o un cambio en la dimensión de la misma. Cuando una carga es aplicada en una dirección conocida, la deformación de la estructura puede ser medida y trazada en una curva de carga-deformación, la cual, brinda información valiosa sobre las propiedades mecánicas de esta estructura. Una típica curva de carga-deformación del hueso Fig. 2.1, muestra una porción inicial lineal que indica la elasticidad. Si la estructura ósea es cargada solo a través de esta región, dicha estructura es capaz de regresar a su condición original cuando la carga es

retirada, pero si la carga continúa, la substancia de la estructura comienza a ceder, lo cual, define el punto de elasticidad, que es a partir del cual la estructura no puede regresar a su estado original cuando la carga es retirada; cuando la carga excede este punto, la estructura comienza a ceder y muestra un comportamiento plástico, reflejado en la segunda porción de la curva, es decir: la región plástica. En esta región, la estructura se deforma en mucho mayor grado que en la región elástica y, si la carga es progresivamente incrementada, la estructura ósea alcanza el punto de falla; esta carga corresponde con el punto máximo de falla en la curva.⁶

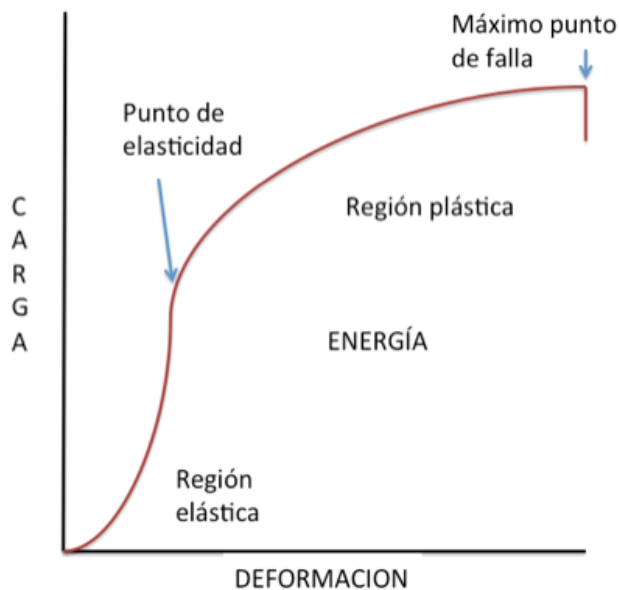


Figura 2.1 Curva de carga-deformación de una estructura viscoelástica, la cual proporciona parámetros mecánicos importantes como la energía que es definida como el área bajo la curva, la cual es liberada a través de los tejidos cuando el punto máximo de falla es alcanzado, igual es posible determinar la rigidez, definida como la curva que abarca la curva en la porción elástica.

Modificado de: NIXON AJ. Equine fracture repair 1996

Tres parámetros pueden ser determinados por medio de estas curvas:

- a) La carga que la estructura puede resistir antes de fallar;
- b) La deformación que puede sostener antes de fallar y regresar a su estado original conocido como resiliencia.
- c) La energía que puede almacenar antes de fallar, la cual puede definirse como la resistencia.

La fuerza de la estructura en términos de carga y deformación, o fuerza máxima, es indicada en la curva por el punto máximo de falla. La resistencia de la estructura ósea en términos de almacenamiento de energía es igual al área total bajo la curva. Esta resistencia puede ser dividida en energía elástica y energía plástica. La resistencia es un concepto importante, ya que -cuando la fractura ocurre-, indica cuanta energía puede absorber un hueso antes de fracturarse, así como, el grado de fragmentación ósea y el daño a tejidos blandos. Mucho daño es secundario a la liberación de esta energía durante el efecto de propagación de la fractura; la rigidez de la estructura es ilustrada por la curva de la región elástica. Por consiguiente, una curva continua indica una estructura rígida.⁶

3.1.2 Tensión y Distensión

La tensión es la cantidad de fuerza por unidad de área que se desarrolla en una superficie plana con la que una estructura responde a una fuerza externa aplicada.

La tensión normal es la intensidad de las fuerzas internas perpendiculares a un plano que pasa a través de un punto en el cuerpo. La tensión positiva es extensiva, mientras que una tensión negativa es compresiva. Comúnmente se usan unidades como libras por pulgada cuadrada o newton por metro cuadrado

(pascuales). La tensión en cizallamiento es la intensidad de las fuerzas internas que pasan paralelas al plano a través de un punto en el cuerpo, expresado en fuerza por unidad de área.^{6,17}

La distensión es definida como un cambio en la dimensión desarrollado dentro de una estructura en respuesta a una carga externa aplicada. Existen dos tipos básicos de distensión, la distensión lineal, que causa un cambio en la longitud del hueso y distensión en cizallamiento que causa un cambio angular con relación a la estructura, la distensión lineal es una deformación lineal localizada (estiramiento o acortamiento) en una línea orientada en cierta dirección dividida por la longitud original hasta un punto en o sobre la estructura de manera adimensional y expresada en porcentaje. Una distensión irregular es definida como la cantidad de deformaciones angulares con respecto a un ángulo recto en el plano de interés de la muestra; esta es expresada en radianes y, frecuentemente, es también adimensional.⁶

En el laboratorio de biomecánica, la tensión y la distensión pueden ser determinadas en especímenes óseos estandarizados, sometiéndolos a una carga hasta alcanzar el punto de falla. Los resultados de esta prueba pueden ser ilustrados por un curva de tensión-distensión de conformación similar a la curva de carga-deformación; estos datos pueden ser obtenidos a través de una simple tensión, compresión o pruebas combinadas; generalmente, la tensión es ilustrada a lo largo del eje de las ordenadas y la distensión a lo largo de la abscisas.^{6,18}Fig. 2.2.

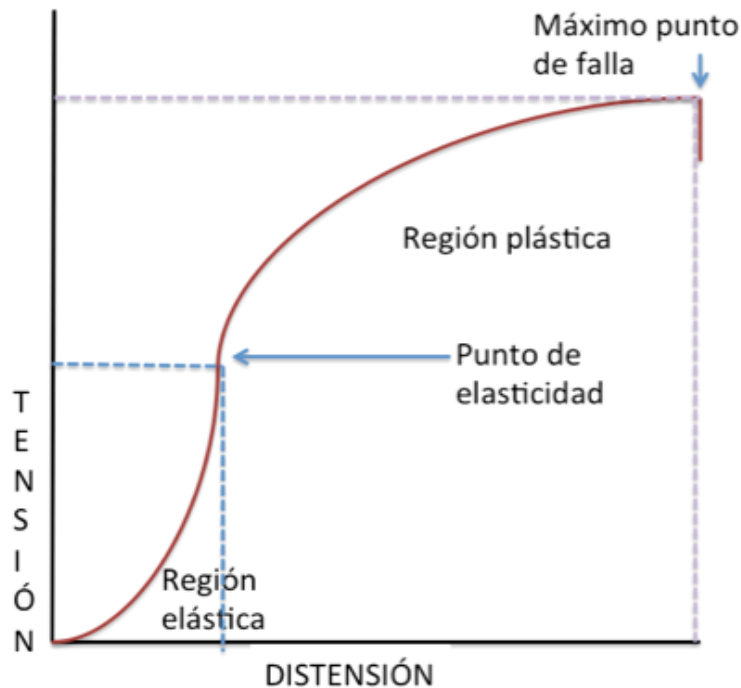


Figura 2.2 Curva de tensión-distensión de una muestra de hueso sometida a compresión. la curva que forma la región elástica es definida como modulo de Young cuando se somete a cargas de tensión y compresión, y es conocido como modulo de cizallamiento bajo cargas puras de cizallamiento.

Modificado de: NIXON AJ. Equine fracture repair 1996

Tal como sucede en una curva de carga-deformación, la carga en la región elástica de la curva de tensión-distensión no causa una deformación permanente hasta que el punto de elasticidad es sobrepasado. La fuerza del material es definida por el punto máximo de falla a tensión, y la rigidez de la curva es obtenida por la división de tensión en un punto en la porción elástica de la curva por la distensión en ese punto. Cuando un hueso es sometido a fuerzas que causan extensión y compresión, el rango que abarca la pendiente de distensión-tensión es definido como 'módulo de Young';¹⁹ Si se considera que la prueba es llevada a cabo bajo condiciones meramente de fuerzas angulares, el módulo de elasticidad es llamado módulo de angulación. Las unidades de estos módulos son iguales que las utilizados para la tensión.⁶

3.2 Propiedades biomecánicas del hueso

Estas propiedades difieren en los dos tipos de hueso macroscópico,: el hueso cortical y el hueso esponjoso. El hueso cortical es más rígido que el hueso esponjoso pero falla a un menor punto de tensión máxima. El hueso esponjoso falla con una tensión aproximada de 75% mientras que el hueso cortical lo hace con un 2% de tensión. Debido a su estructura porosa, el hueso trabecular también tienen la función de almacenar más energía antes de fallar. El hueso cortical tiende a ser un material más frágil y quebradizo que puede soportar solo una limitada tensión antes de fracturarse. El hueso esponjoso es un material mucho más dúctil que puede deformarse en mayor grado antes de fracturarse.⁶

El hueso tiene una capacidad muy limitada para la deformación elástica. Pruebas precisas de hueso cortical muestran que la porción elástica de la curva no es recta

pero es ligeramente curvada, indicando que el hueso no tiene un comportamiento elástico pero este puede producirse de manera limitada durante la carga en la región elástica. Esta resistencia, cuando es evaluada en tensión provoca que las osteonas se desprendan desde las líneas de cemento en la porción cortical que corresponde a la parte más débil en el hueso.⁶

El hueso es una estructura que no responde de manera similar ante cargas presentadas en diferentes orientaciones; este fenómeno de poseer diferentes propiedades direccionales es llamado anisotropía. Mientras que un material que muestra un comportamiento similar a diferentes cargas direccionales es llamado isotrópico. Este comportamiento anisotrópico, provoca que exista una compleja relación entre los 'patrones de carga' y 'las propiedades mecánicas del hueso en todo el esqueleto'.⁶

3.3 Comportamiento mecánico del hueso

La 'respuesta biomecánica' del hueso a las fuerzas a las que es sometido, depende de muchos factores, incluidos entre ellos, las propiedades del material de tejido óseo, la geometría (anatomía funcional) del hueso, el modo de aplicar la carga, la duración y la frecuencia de la misma.⁶

3.3.1 Modo de carga

En un équido sano, y con base en una anatomía funcional normal, durante las actividades diarias normales son 'aplicados' a los huesos fuerzas y momentos en varias direcciones, produciendo tensión, compresión, sobreflexión, (hiperflexión), cizallamiento, torsión y cargas combinadas.⁶ Fig. 2.3

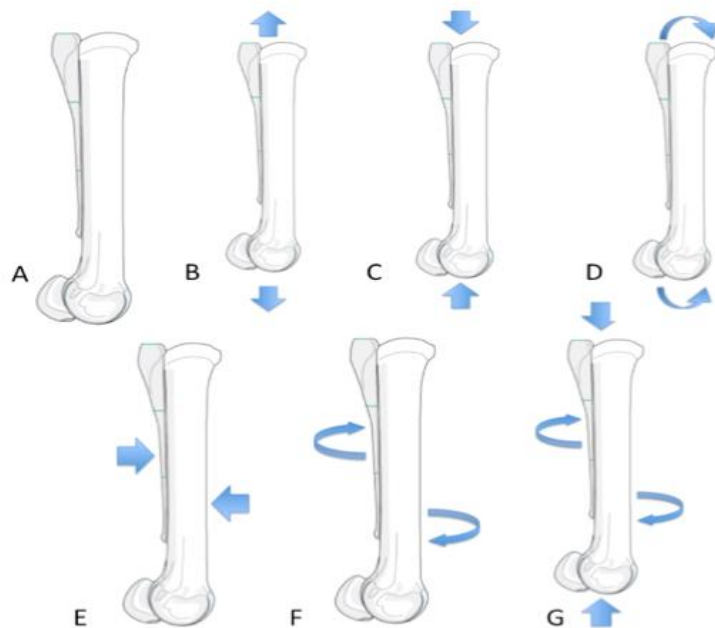


Figura 2.3 Distintos modos de carga que pueden ocurrir de manera normal en hueso. A, sin carga. B, tensión. C, compresión. D, sobre-flexión. E, cizallamiento. F, torsión. G, cargas combinadas

Modificado de: NIXON AJ. Equine fracture repair 1996

3.3.1.1 Tensión

Durante una carga de tensión, igual y opuestas cargas son aplicadas en los extremos de una estructura ósea resultando en una distensión y tensión extensible dentro de la estructura. La tensión extensible puede darse como muchas pequeñas fuerzas actuando lejos del plano de anatómico afectado. La tensión máxima extensible ocurre en un plano perpendicular a la carga aplicada. Cuando la estructura ósea es sometida a tensión, se alarga y se estrecha, de tal manera que al fallar esta lo hace alrededor de la osteona causando un desprendimiento a través de la línea de cemento y arrastrando fuera a las osteonas. Clínicamente las fracturas por tensión ocurren en numerosas localizaciones incluyendo la porción proximal de la ulna, sesamoideos proximales, la patela y el calcáneo y generalmente con una orientación transversa que corresponde al plano de máximo tensión de extensión. El resultado es una fractura transversa.⁶ Fig. 2.4

3.3.1.2 Compresión

Durante una carga de compresión, cargas iguales y opuestas son aplicadas en los extremos de la estructura ósea resultando en una tensión y distensión compresiva dentro de la misma; esta tensión compresiva puede ser considerada como muchas pequeñas fuerzas actuando a través de un plano anatómico afectado. La tensión máxima compresiva ocurre en un plano perpendicular a la carga aplicada. Bajo compresión la estructura se acorta y ensancha, cuando la falla ocurre lo hace de manera oblicua a través de las osteonas.⁶

La orientación oblicua de la fractura, corresponde con el plano de tensión máxima angular, y lo hace en un ángulo de 45 grados con respecto a la orientación de

carga de compresión. Clínicamente, las fracturas puramente compresivas son raras, pero estas son la principal causa de fracturas con una configuración en “Y” en la porción distal de humero y fémur.⁶ Fig. 2.4

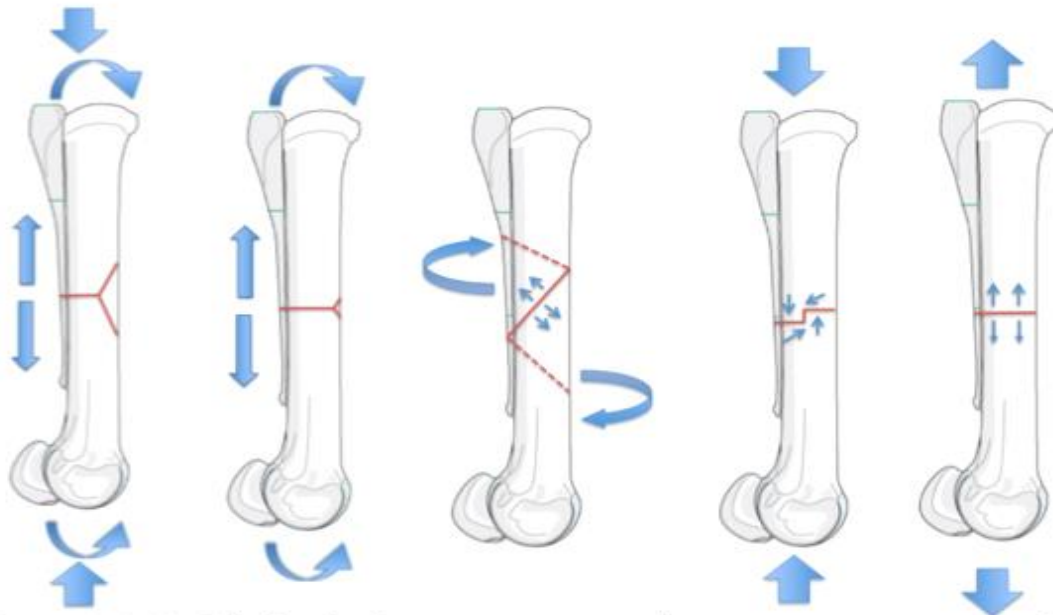


Figura 2.4 Morfología de fracturas, correspondientes a cargas externas, la configuración depende del tipo de carga aplicada involucrada. A, compresión y sobre-flexión da como resultado un fractura con un gran fragmento en la corteza de compresión. B, sobre-flexión pura resulta en un fractura con fragmentos pequeño en la corteza de compresión. C, torsión muestra una fractura en espiral. D, compresión con cizallamiento resulta en una fractura oblicua. E, tensión pura da como resultado en un configuración transversa
Modificado de: NIXON AJ. Equine fracture repair 1996

De manera general el hueso es un material fuerte bajo compresión, seguido en fuerza bajo cizallamiento en la cual la fuerza es aplicada contra una superficie deslizándolo en planos opuestos pero paralelos. Finalmente el hueso es débil bajo cargas de tensión.⁶

3.3.1.3 Sobreflexión

En sobreflexión, las cargas aplicadas a una estructura ósea causan una flexión alrededor de un eje. Cuando un hueso es sometido a estas cargas, este se

encuentra sujeto a una combinación de extensión y compresión, por lo que, la tensión en extensión actúa en un lado del eje neutral, y la tensión compresiva actúa en el lado opuesto, más allá del eje neutral donde se genera la mayor magnitud de esta tensión.⁶ Fig. 2.4

Clínica y experimentalmente, la sobreflexión puede ser causada por tres o cuatro fuerzas (tres o cuatro puntos de flexión) Fig. 2.5. Aquellas con tres puntos tienen lugar cuando tres fuerzas actúan en una estructura para producir dos momentos iguales que resultan en una de las dos fuerzas periféricas multiplicadas por la distancia perpendicular de la fuerza periférica la fuerza media. En una estructura homogénea y simétrica sometida a flexión en tres puntos. La estructura puede fracturarse a través del sitio de aplicación de carga central.^{6,2}

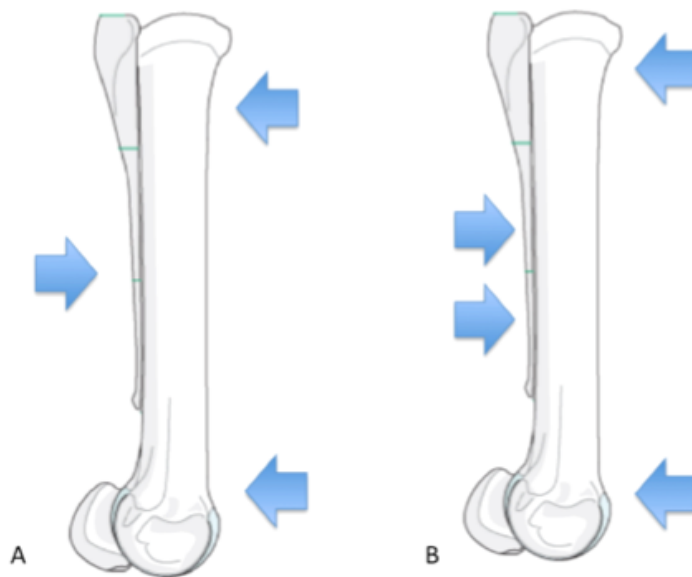


Figura 2.5 La sobre-flexión puede ser aplicada en dos modos: A, carga en tres puntos y B carga en cuatro puntos.
Modificado de: NIXON AJ. Equine fracture repair 1996

Una típica fractura causada por estas fuerzas ocurre en caballos con férulas mal colocadas al realizar palanca en el extremo de las mismas; o cuando se pisa en alguna irregularidad en el suelo. Ya que el hueso de los caballos adultos es débil en extensión, la falla tiene su origen en la superficie del hueso sometida a esta carga posteriormente la fractura viaja desde la superficie en tensión hacia la superficie compresiva de manera transversal hasta donde fuerzas angulares actúan en un plano de 45 grados causando una fractura de mariposa en la superficie sometida a compresión.⁶

Las fuerzas de cuatro puntos son producto de dos fuerzas parejas o cuatro fuerzas (dos periféricas y dos centrales) actuando en un estructura hasta producir dos momentos iguales. Una fuerza pareja se da cuando dos fuerzas paralelas de igual magnitud pero dirección opuesta son aplicadas a una estructura. La región entre los dos puntos de aplicación central son sometidos a momentos de flexión uniformes, y el hueso se fractura a través del punto más débil en la región central, este tipo de fracturas son clínicamente raras pero muy usadas en pruebas mecánicas de estructuras óseas.⁶

3.3.1.4 Torsión

En torsión una carga es aplicada a una estructura causando un giro alrededor de un eje, resultando en un esfuerzo de torsión producido dentro de una estructura. Fig 2.4 Cuando la estructura es sometida a torsión, la tensión angular es distribuida sobre la estructura entera. Como en el caso de la flexión, la magnitud de esta tensión es proporcional a las distancias de estas al eje neutral (generalmente el eje central de rotación.); por lo tanto, para el hueso la superficie

perióstica es sometida a una mayor tensión angular cuando es sometida a torsión. Esta tensión angular es mayor en los puntos paralelos y perpendiculares al eje neutral. La tensión máxima compresiva y extensible actúa en un plano con respecto a un ángulo de 45 grados del eje neutral. Este factor es muy relevante cuando se examina la configuración de la fractura que resulta por torsión. Cuando un hueso es sometido a fuerzas de torsión, falla de manera inicial paralelamente al eje neutral y a continuación la fractura se propaga a lo largo del plano de tensión máxima causando una fractura en espiral.⁶

3.3.1.5 Cargas combinadas

La carga combinada es el patrón más común de cargas que ocurren durante la actividad diaria de los équidos. Estas son complejas, debido a que el hueso es sometido a múltiples e indeterminadas cargas que son de diferentes formas y a menudo irregulares.⁶

3.3.2 Tasa de dependencia del hueso

Ya que el hueso es viscoelástico, este comportamiento mecánico varía con la tasa de cargas a la que es sometido de tal forma que el hueso permanece rígido y soporta altas fuerzas antes de fallar cuando son aplicadas en mayores tasas. Es importante que el hueso también almacene mayor cantidad de energía antes de fallar ante rápidas tasas de carga, de tal manera que la energía producida por el trauma depende de manera estrecha de la tasa de carga. Este factor explica porque caballos que son entrenados a bajas velocidades pueden experimentar fracturas simples con menor grado de fragmentación comparados con caballos que sufren fracturas durante las carreras. Cuando se trata de bajas velocidades

el hueso y tejidos blandos permanecen relativamente intactos, y pueden no estar desplazados o estarlo ligeramente, a mayores velocidades el hueso absorbe más energía antes de fracturarse, y cuando esto ocurre, esta energía almacenada es liberada causando un severo grado de fragmentación y trauma a los tejidos blandos circundantes.⁹

Clínicamente estas fracturas pueden ser clasificadas por la cantidad de energía liberada en el momento de la fractura: en baja energía, alta energía, y muy alta energía. Las fracturas de baja energía ocurren durante actividades a bajas velocidades -como las que se desarrollan al realizar paso, trote o galope reunido en superficies irregulares-. Las de alta energía ocurren por traumatismo directos, tales como, ser golpeado por un vehículo, pateado por otro caballo, cuando chocan contra un objeto inamovible o durante el galope tendido. Las de muy alta energía son producidas por proyectiles a alta velocidad; el ejemplo típico son lesiones producidas por impactos de armas de fuego, así como, otros tipos de proyectiles como metales, rocas, piedras, etcétera⁶.

3.3.3 Fatiga ósea

Las fracturas pueden ocurrir secundarias a un único evento, por ejemplo, por los intentos de levantarse durante la recuperación de la anestesia o luego de haber caído en terrenos inestables y como resultado de la repetida aplicación de cargas a bajas magnitudes. Una fractura causada por la repetición de cargas pequeñas es llamada fractura por estrés.⁶

La susceptibilidad del hueso a fracturarse bajo 'ciclos de cargas' está relacionada con la orientación de los cristales y fibras de colágeno, lo cual, se ve reflejado en

las propiedades viscoelásticas del mismo, haciendo al hueso cortical más vulnerable a ciclos de tensión, tanto de extensión como de compresión. Cada ciclo de carga libera una pequeña cantidad de energía de distensión que, puede ser perdida a través de micro fracturas a lo largo de las líneas de cemento. Una carga de fatiga bajo ciertas tasas de distensión, puede causar la acumulación progresiva de micro daño (microfracturas) en la superficie cortical. Cuando este proceso continua, el hueso eventualmente falla, propagándose a través de las microfracturas. Algunos huesos presentan una pobre resistencia a la fatiga in vitro, pero en un tejido vivo, este es capaz de repararse por la remodelación ósea durante o después de la carga. Un callo perióstico y hueso de nueva formación evitan la propagación de la microfractura, reduciendo la mayor tensión en el extremo de la solución de continuidad. Para que el proceso de reparación sea efectivo, en el hueso debe ser 'aplicado y mantenido' un nivel relativamente bajo de tensión. Las cargas de fatiga están involucradas en la etiología de las fracturas corticales de la superficie dorsal del hueso tercer metacarpiano. Cuando se discute sobre carga de fatiga es muy importante comprender el rango de tensión. Este rango de tensión abarca desde la tensión mínima hasta la tensión máxima en el ciclo de carga de fatiga.^{2,6,7}

En huesos, las fracturas por fatiga son generalmente desarrolladas durante una continua actividad física que causa la fatiga de los músculos y reduce la habilidad de estos para almacenar energía y neutralizar la tensión impuesta al hueso. El resultado es la alteración de la distribución de la tensión en el hueso causando cargas altas anormales a las impuestas de manera normal, resultando en una fractura por fatiga. Cuando un hueso falla en su superficie de tensión, la fractura

se propaga rápidamente de manera transversal. Cuando falla en la superficie comprimida esta fractura se desarrolla más lentamente y la remodelación puede llegar a sanarla antes de que se haga completa¹⁹

3.3.4 Elevadores de tensión.

Las irregularidades geométricas-morfológicas, como depresiones y crestas, provocan cambios en las propiedades del material óseo, y pueden producir mayor tensión de manera localizada en las estructuras sometidas a una carga. El rango de la verdadera tensión máxima causado por estos elevadores de tensión es calculado nominalmente por fórmulas ordinarias de biomecánica para ubicar un punto llamado factor de concentración de tensión. El efecto debilitante de los elevadores de tensión es particularmente marcado bajo cargas de torsión.⁶

4 Principios de la clasificación Müller AO de fracturas de huesos largos

La asociación para el estudio de la osteosíntesis (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen AO*) que es una fundación sin fines de lucro dedicada a guiar a cirujanos traumatólogos con el lema: “*transformando la cirugía - cambiando vidas,*” -que surge a finales de los años 50 del siglo pasado-, fue conformada inicialmente por 13 cirujanos con la visión de brindar un excelente manejo a problemas músculoesquelético y traumatológicos, fomentando la ampliación de redes de la educación, la investigación y el desarrollo de investigación clínica en profesionales de la salud para conseguir una mejor atención de los pacientes de este tipo en todo el mundo.⁹

Desde su creación y hasta la fecha, AO ha desarrollado varias divisiones clínicas que atienden diferentes necesidades y áreas de trabajo por lo que ha establecido áreas especializadas para el trauma, columna vertebral, cirugía craneo-maxilo-facial y cirugía en medicina veterinaria. Las especialidades de AO continuamente son redefinidas con base en el desarrollo de técnicas en su campo, investigación clínica y la educación²⁰.

La división veterinaria de AO está destinada a progreso y avances en la práctica de la cirugía veterinaria para mejorar los resultados del paciente mediante la promoción de la investigación clínica y experimental, la educación y el desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas.²¹

4.1 Clasificación Müller AO de fracturas de huesos largos

AO ha desarrollado la clasificación de Müller AO de fracturas de huesos largos, siendo esta es la norma de clasificación utilizada por los cirujanos de trauma y médicos de todo el mundo que se ocupan de trauma musculoesquelético.

Esta clasificación utiliza una estructura alfanumérica para describir las características de la fractura.

Dentro de esta configuración alfanumérica compuesta por cuatro o cinco dígitos tiene como finalidad describir las características de la fractura, y se fundamenta en los siguientes principios^{22,23} Fig. 3.1:

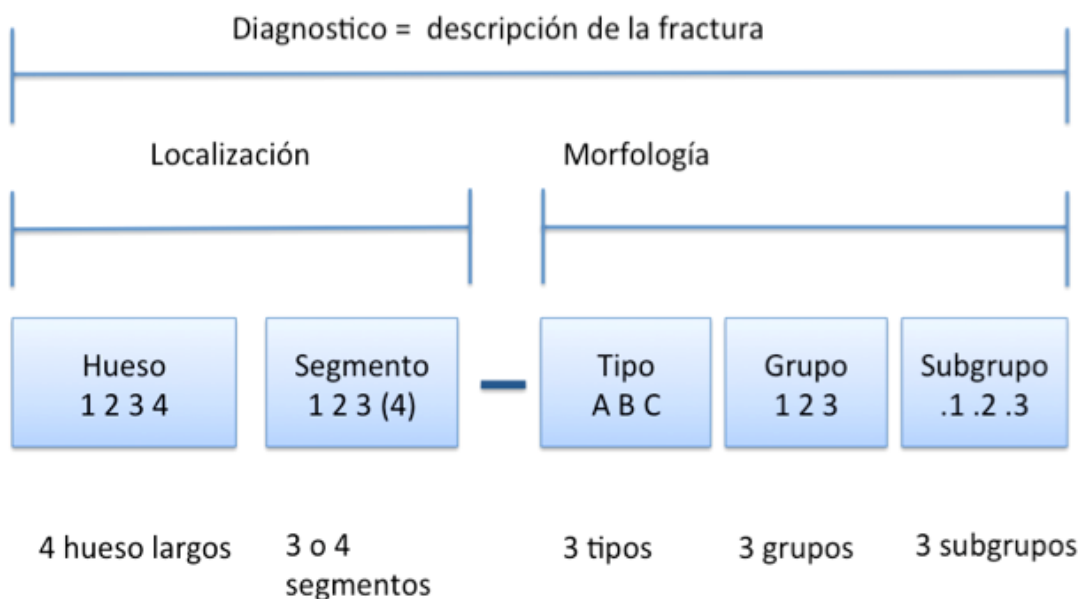


Figura 3.1 Representación del sistema de clasificación de fractura de AO.

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

Describir la localización anatómica en el espacio, la cual, incluye el primer y segundo número de la nomenclatura utilizada para esta clasificación, el primer número designa el hueso o huesos involucrados Fig. 3.2, y el segundo número

especifica el segmento (parte del hueso) donde ocurre la fractura; generalmente haciendo referencia de los extremos proximal o distal y la diáfisis (cuelpo) del hueso; aunque en algunos casos ésta puede referirse a un hueso extra por la relación que guarda con el primero, o cuando este no se trata de un hueso largo.^{22,23}

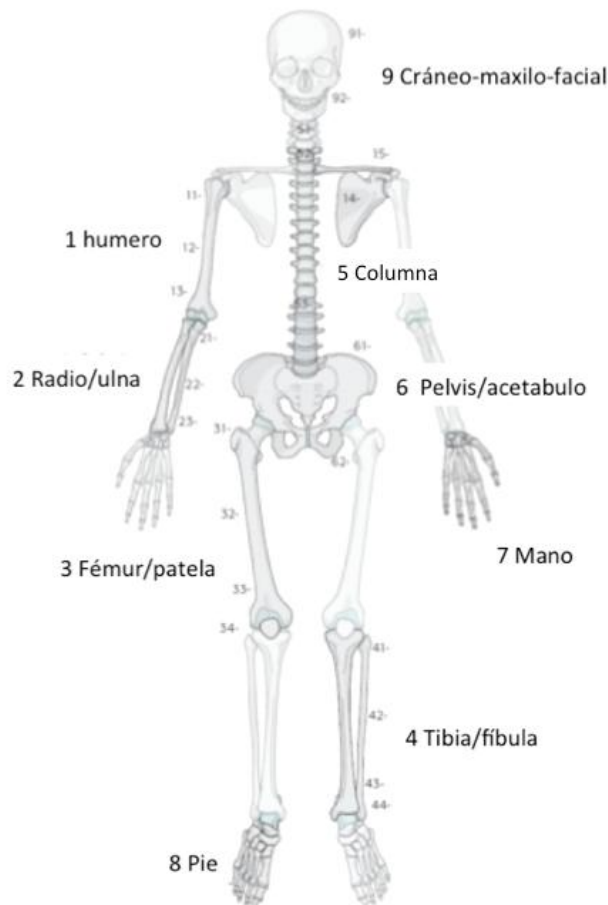


Figura 3.2 División por regiones del esqueleto humano según AO.

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

El siguiente componente de la nomenclatura logra describir la morfología de la fractura para lo cual asigna una letra al tipo de fractura y posteriormente, éstas son separadas en 'grupos' y en algunos casos en 'subgrupos'.

El tipo de las fracturas -tanto para los extremos de las epífisis distales y proximales- se utiliza la letra 'A' (mayúscula) para designar una fractura no articular, es decir, aquellas cuya trayectoria no se extiende hacia la superficie articular. Se emplea la letra 'B' (mayúscula) para designar a aquellas fracturas articulares simples, es decir, tienen un componente articular implicado, dejando la otra parte unida a la meta-diafisis. La letra 'C' (mayúsculas) designa aquellas completamente articulares compuestas, es decir, cuando se presenta mas de una línea de fractura en el area y existe un componente articular.^{16,22,23} Fig. 3.3

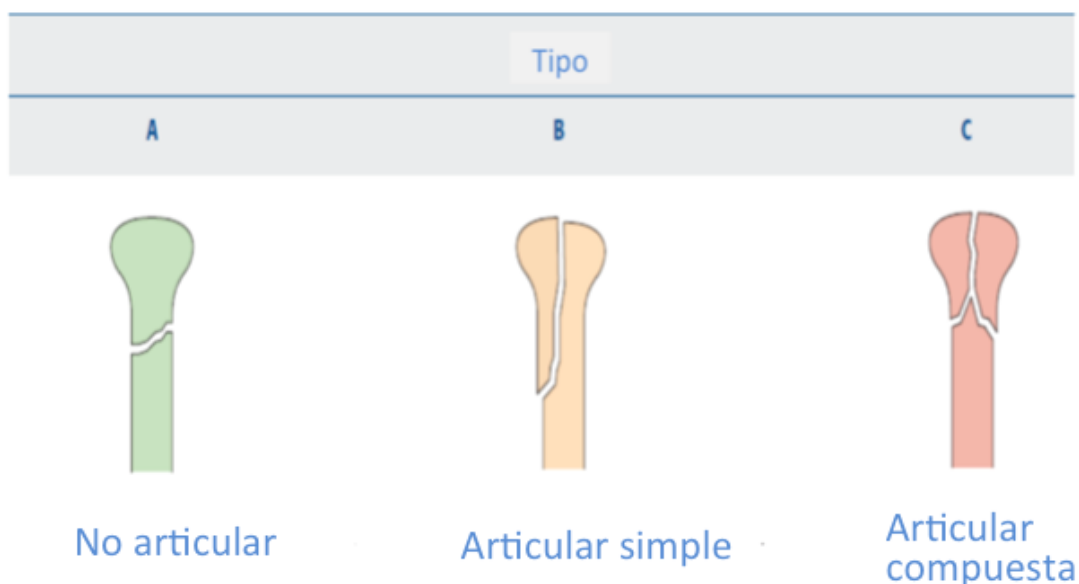


Figura 3.3 Tipos de fracturas en los segmentos proximal y distal.

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

En la parte de la diafisis (cuerpo del hueso), estas letras designan otras características: la letra 'A' (mayúscula) se utiliza para describir fracturas simples, es decir: aquellas que están compuestas por 'una solo línea de fractura y el contacto entre los fragmentos es superior al 90 % después de la reducción'. La letra 'B' (mayúscula) designa a aquellas fracturas multifragmentadas, las cuales

están compuestas por tres o más fragmentos y la mayoría de estos tendrán contacto después de la reducción. Finalmente, la letra 'C' (mayúscula) refiere aquellas fracturas conminuta las cuales presentan tres o más fragmentos, pero, que incluso después de la reducción, la mayoría de estos no podrán tener contacto.^{22,23} Fig. 3.4.

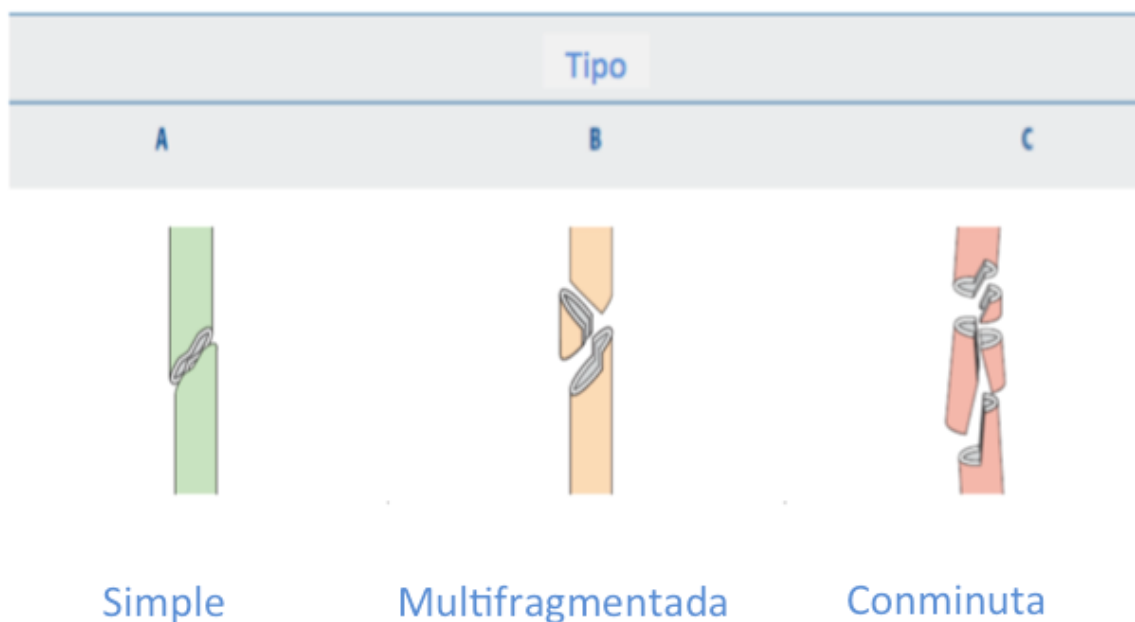


Figura 3.4 Tipos de fracturas en el segmento medio de los hueso largos.

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

El cuarto número se utiliza para describir el grupo a cual pertenece la fractura con base en su 'trazo' y se modifica para el tipo y la parte del hueso como se describe a continuación.^{22,23}

En las fracturas tipo A (simples) del segmento 2 (diáfisis del hueso); el grupo 1 corresponde a aquellas fracturas en espiral. El grupo 2 se utiliza para designar las fracturas oblicuas ($\geq 30^\circ$). El grupo 3 se utiliza para las fracturas transversa ($<30^\circ$)^{22,23} Fig 3.5.




Tipo	Grupo		
	1	2	3
A Simple			
	Espiral	Oblicua	Transversa

Figura 3.5 Grupos pertenecientes a las fracturas en la diáfisis de tipo A (simple)

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

En las fracturas tipo B (multifragmentadas) del segmento 2 (diáfisis del hueso), el grupo 1 corresponde a aquellas fracturas en espiral. El grupo 2 se utiliza para designar las fracturas por sobre-flexión. El grupo 3 se utiliza para las fracturas complejas ^{22,23} Fig 3.5.Fig. 3.6.

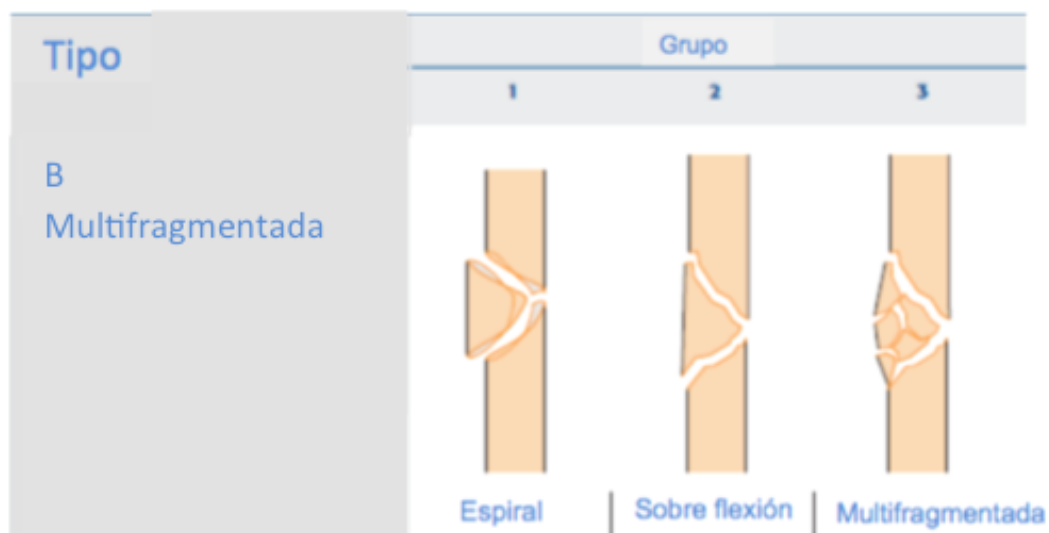


Figura 3.6 Grupos pertenecientes a las fracturas en la diáfisis de tipo B (multifragmentada)

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

En las fracturas tipo C (conminuta) de la diáfisis del hueso, el grupo 1 designa fracturas en espiral. El grupo 2 se utiliza para fracturas múltiples o segmentales. El grupo 3 para aquellas fracturas irregulares^{22,23} Fig. 3.7.

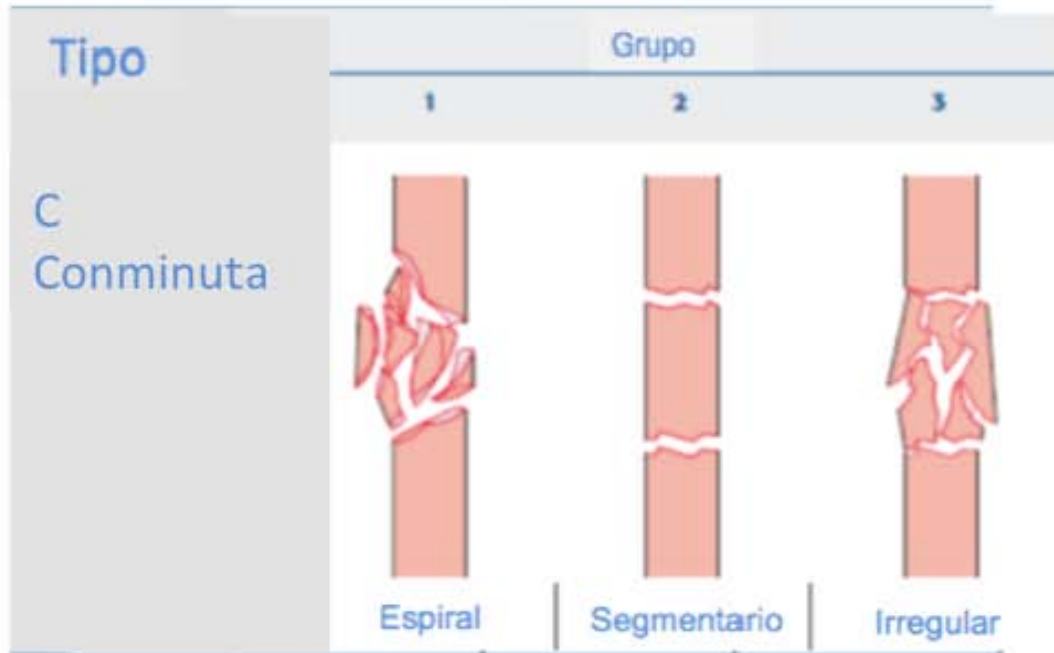


Figura 3.7 Grupos pertenecientes a las fracturas en la diáfisis de tipo C (conminuta)

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

En el caso de las fracturas que involucran los segmentos 1 y 3 de los huesos, esta nomenclatura se usara de la siguiente manera. En las fracturas de tipo A (no articulares), el grupo 1 son aquellas fracturas simples. Las fracturas que corresponden al grupo 2 son en fracturas multifragmentadas. Finalmente las fracturas pertenecientes al grupo 3 a aquellas fracturas conminuta ^{22,23}Fig. 3.8.

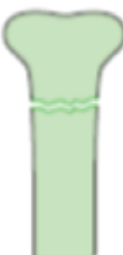


Tipo	Grupo		
	1	2	3
A No articular			
	Simple	Multifragmentada	Conminuta

Figura 3.8 Grupos pertenecientes a las fracturas no articulares.
Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

Las fracturas de tipo B (articulares simples), los grupos se asignan como de menciona acontinuacion: el grupo 1 son aquellas fracturas fraccionadas. Las fracturas que se encuentran en el grupo 2 son fracturas impactadas. En el grupo 3 describe a aquellas fracturas fraccionadas e impactadas ^{22,23}Fig. 3.9.

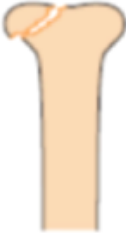
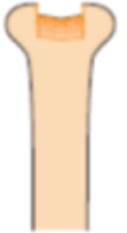
Tipo	Grupo		
	1	2	3
B Articular simple			
	Fraccionadas	Impactadas	Fraccionada e impactadas

Figura 3.9 Grupos pertenecientes a las fracturas articulares simples.
Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

Las fracturas tipo C (articulares), los grupos describen las siguientes características: en el grupo 1 designa fracturas son aquellas fracturas articulares simples y metafisarias simples. En el grupo 2 aquellas fracturas multifragmentadas. Y el grupo 3 se encuentran todas aquellas fracturas conminuta,

^{22,23} Fig. 3.10.

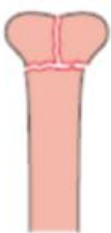
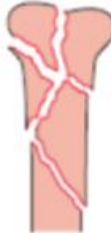
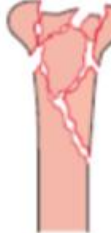
Tipo	Grupo		
	1	2	3
C Articular compuesta			
	Articular simple, y Simple en la metafisis	Articular simple, y compleja en la metafisis	Articular compleja, compleja en la metafisis

Figura 3.10 Grupos pertenecientes a las fracturas articulares compuestas.

Modificado de: Müller AO Classification of Fractures – Long Bones

5 Adaptación de la clasificación de fracturas Müller AO a los équidos.

Actualmente, existen diferentes métodos y criterios para clasificar las fracturas de algún hueso en los équidos. Estas, la mayoría de la veces, son impropias e incompletas y no ofrecen una visión objetiva hacia las fracturas que permita establecer un plan terapéutico y un pronóstico para cada situación.

5.1 Clasificación actual de fracturas utilizada en équidos

La clasificación de una fractura puede realizarse utilizando los siguientes puntos, los cuales permiten realizar una descripción verbal de la fractura observada radiográficamente, y en algunos puntos con la inspección del paciente, aunque es importante resaltar que no en todas las situaciones es posible el uso de estos criterios:

1. Por el hueso en el que se encuentra -Fémur, tibia, carpos, falange proximal, hueso navicular -
2. Por su ubicación dentro del hueso en donde se encuentra -Diafisiaria, metafisiaria, fisiaria, epifisiaria (Clasificación Salter-Harris), Apical, basilar , abaxial, del cuerpo, sagital-
3. Por su extensión -Completa o incompleta (por avulsión, microfractura o fractura por estres)-
4. Por el número de fragmentos -Simple, conminuta, múltiple-
5. Por su movilidad -Estable o inestable (Desplazada o no desplazada)-
6. Por su contacto con el medio ambiente -Cerrada o expuesta (abierta)-

7. Por su contacto con la superficie articular -Articular, no articular-
8. Por su configuración -En rama verde, transversa, oblicua (pico de flauta), espiral, sagital, longitudinal, impactada-
9. Por su relación con los tejidos blandos -Avulsión, daño a músculos, destrucción de arteria nutricia, daños a nervios y vasos-
10. Por su relación con alguna patología previa -Tumores óseos, síndrome navicular severo-
11. Otras consideraciones -Edad, peso, función zootécnica, sexo, raza, valor económico-

Además de esta clasificación en algunos de los huesos se realizan clasificación específicas aplicables solo a la estructura para la que fueron creadas como ejemplos se encuentra la clasificación de la tercera falange Fig. 4.1, de los huesos sesamoideos proximales Fig 4.2, y en otros según la región del hueso en donde se encuentre la fractura como en el caso de la tuberosidad del olecranon de la ulna Fig. 4,3. También existe la clasificación Salter-Harris utilizada para clasificar fracturas en huesos donde aun existen las placas epifisarias Fig. 4.4.

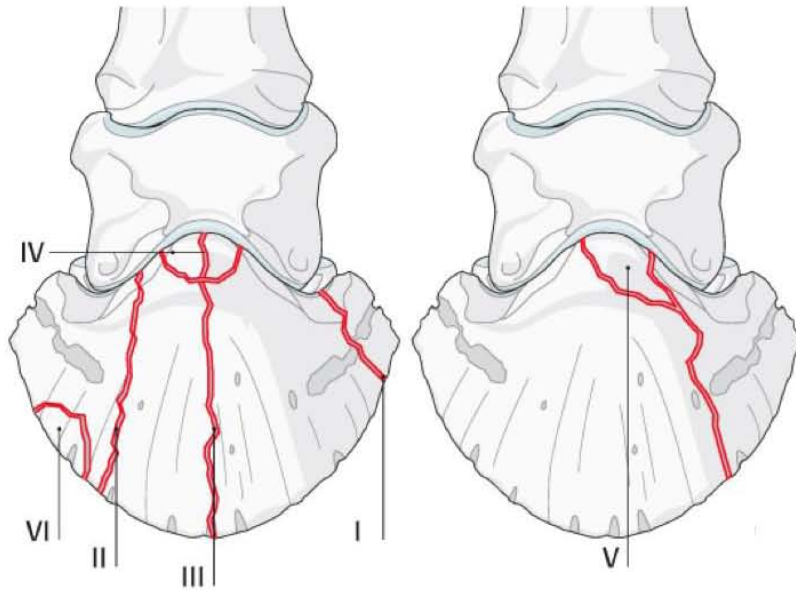


Fig. 4.1 Clasificación de fracturas en tercera falange

- I. No articular de proceso palmar
- II. Articular de proceso palmar
- III. Longitudinal
- IV. Proceso extensor
- V. Multifragmentada
- VI. Margen solar

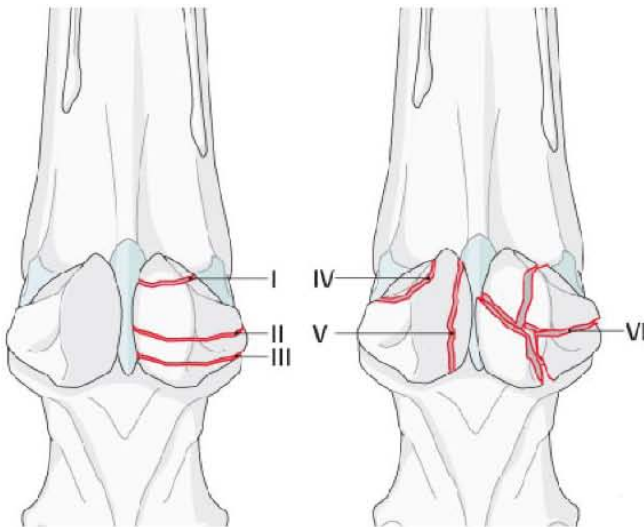


Fig. 4.2 Clasificación de fracturas en huesos sesamoideos proximales

- I. Apical
- II. Cuerpo medio
- III. Basilar
- IV. Abaxial
- V. Axial
- VI. Multifragmentada

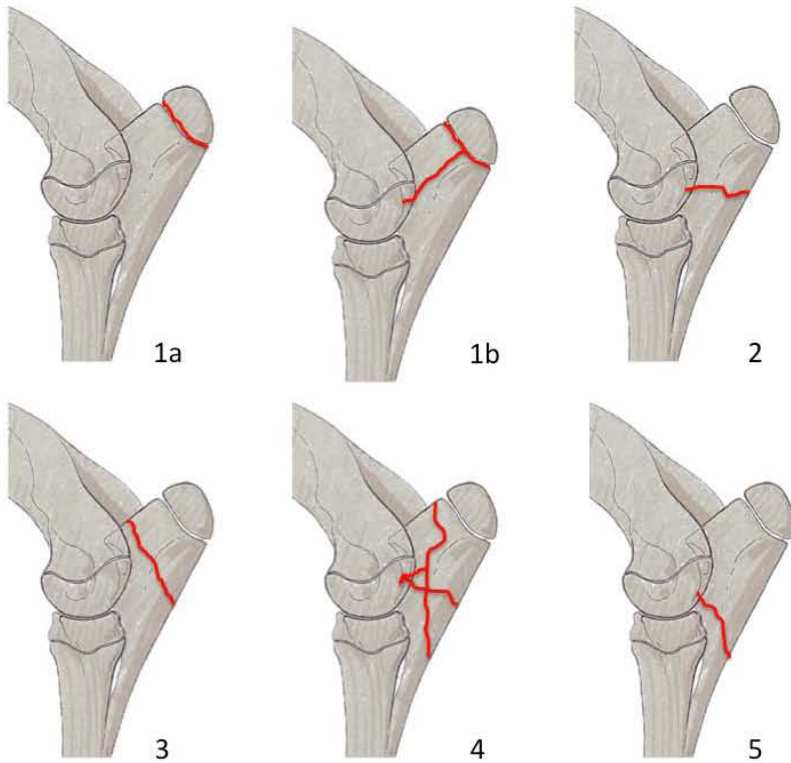


Fig. 4.3 Clasificación de fracturas en ulna

- 1a, a lo largo de la fisis
- 1b; a lo largo de la fisis con un componente articular
- 2, simple a través del cuerpo del olécranon articular
- 3, simple a través del cuerpo del olécranon no articular
- 4, multifragmentada
- 5, porción distal de la ulna articular

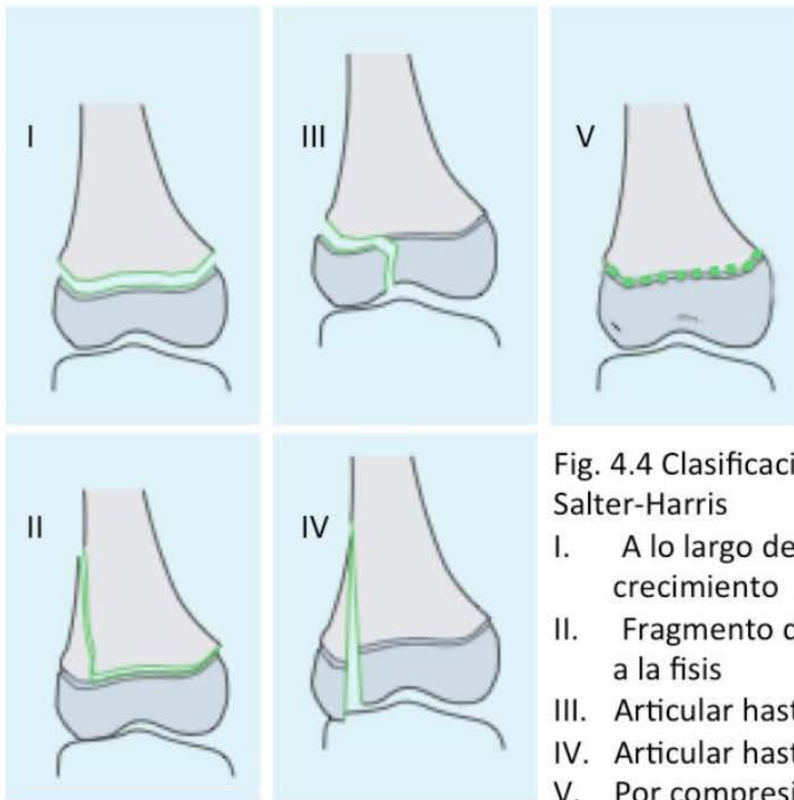


Fig. 4.4 Clasificación de fracturas Salter-Harris

- I. A lo largo de la placa de crecimiento
- II. Fragmento de la metáfisis unido a la fisis
- III. Articular hasta la fisis
- IV. Articular hasta la metáfisis
- V. Por compresión

Dadas las diferencias anatómicas que existen entre ambas especies, es improbable realizar una aplicación estrictamente fiel de la clasificación de fracturas Müller AO utilizada en humanos hacia los équidos, pero sí es posible, utilizar los principios en los que esta se fundamenta, para tomarla como base, adaptarla, y crear una clasificación de fracturas aplicable en los équidos^{2,8,24}.

Para comprender la posibilidad de adaptar y utilizar esta clasificación, es primordial realizar una revisión de la anatomía de los miembros locomotores de los équidos, y, en especial, del esqueleto y cada uno de los huesos que los componen. Se debe recordar que, el miembro locomotores de los équidos se ha adaptado biomecánicamente al paso, trote y galope, y con ello, a la capacidad de utilizar sus miembros locomotores en cualquier tipo de actividad diaria. En comparación entre plantígrados y digitígrados, la angulación 'hiper extendida' de la región del carpo del perro se ha perdido en los équidos, los cuales, al ser ungulados y, como resultado del 'enderezamiento y alargamiento' de sus miembros locomotores son capaces de dar pasos mucho más largos;, también, puede incluirse la 'pérdida evolutiva' del primer y quinto dedos en la mano y el pie, así como, la reducción de los dedos segundo y cuarto, el enorme desarrollo del tercer dedo, que es el único que soporta al cuerpo en cada uno de los miembros locomotores como parte de esta misma adaptación¹².

.

Otras particularidades anatómicas que poseen los équidos son: la estrecha relación que guardan algunas de sus estructuras óseas, como es el caso de la ulna, la que 'ha perdido' su extremo distal y se encuentra 'unida al radio' en toda la mitad próximo-caudal del mismo radio. Esto ocurre de igual manera en los huesos

II y IV metacarpianos y metatarsianos, los cuales, también 'han perdido' su extremo distal, para unirse/articularse en la cara próximo-palmaro-medio-lateral del hueso III metacarpiano y próximo-plantaro-medio-lateral del hueso III metatarsiano, respectivamente.¹⁴

El cinturón escapular conformado en primates por la escápula, coracoides y clavícula, en los équidos se reduce considerablemente, debido a la ausencia de una clavícula y la presencia sólo una cinta de tejido fibroso llamada intersección clavicular, que 'ancla' al músculo braquiocefálico en la escápula.^{13,14}

En el miembro pélvico (pelviano), una de las diferencias más importantes es la presencia de una pequeña fíbula, -comparada con la tibia-, con la que guarda una estrecha relación; esta característica, junto con las grandes masas musculares de esta región anatómica la protegen y la hacen poco susceptible a fracturas.²

Son estas diferencias anatómicas las que provocan limitantes en la adaptación de la clasificación de fracturas Müller de AO, pero que al mismo tiempo, permite ampliar su uso a otros huesos del esqueleto apendicular de los équidos, que no son incluidos en humanos.

Con base en los principios de la clasificación de fracturas de AO descritos en el capítulo III, el primer paso es: realizar la división en bloques' de todo el esqueleto de los équidos, división que asignará el primer número utilizado en la nomenclatura y, por consiguiente, 'localizará' a la estructura o estructuras anatomofuncionalmente involucradas.

Al igual que en los humanos, es posible realizar esta división en nueve segmentos de la siguiente manera Fig. 5.1

1. Escápula y Húmero: (Región Escapular: R. de la espalda); (Región Escapulo-humeral: R. del hombro); (Región Braquial: R. del brazo).
2. Radio y Ulna: (Región Húmero-Radio-Ulnar: Región del codo); (Región Antebraquial: R. del antebrazo);
3. Fémur y Patela: (Región Femoral: Región del muslo); (Región femorotibiopatelar: Región de la rodilla).
4. Tíbia y Fíbula: (Región Tibial: Región de la pierna).
5. Columna vertebral: (Región Cervical, Región Torácica, Región Lumbar, Región Sacra, Región Caudal).
6. Pelvis.
7. Metacarpianos/metatarsianos y Sesamoideos proximales: (Región Carpiana: Región del carpo); (Región Metacarpiana: Región de la caña 'de la mano'); (Región Metatarsiana: Región de la caña 'del pie'); (Región Metacarpo-Sesamoido-Falángica 'de la mano':5 Región del menudillo 'de la mano'); (Región Metatarso-Sesamoido-Falángica 'del pie'; Región del menudillo 'del pie').
8. Falanges y Sesamoideo distal: (Región interfalángica proximal 'de la mano': Región de la cuartilla 'de la mano'); Región interfalángica proximal 'del pie':

Región de la cuartilla 'del pie'); Región interfalango-sesamoido-falángica 'de la mano'; (Región interfalango-sesamoido-falángica 'del pie.'

9. Cráneo-maxilofacial: Regiones del cráneo y de la cara.

La finalidad de utilizar esta nomenclatura es continuar el sistema implementado por AO y adaptarlo a los équidos. En este trabajo no se describirán fracturas de las regiones: 5 Columna vertebral, 6 Pelvis y 9 Cráneo maxilofacial. Esto se debe a que la clasificación hasta ahora existente de fracturas de AO, se encuentra en desarrollo y discusión internacional y, aun no disponible.

Una de las modificaciones más importantes es la adaptación de las regiones de 7 y 8 que en humanos corresponden a los huesos de la mano y pie y que para esta particular adaptación han sido cambiados, esto, bajo la justificación anatomofuncional de que en los équidos no existe tal diferencia entre estas dos regiones anatómicas excluyendo los huesos que conforman las regiones del carpo y del tarso y que en esta adaptación no son incluidos en ninguna de las regiones por la incapacidad de adaptarse a la clasificación de fracturas de AO, esto, es debido a que, al igual que como ocurre en los équidos, la descripción de las fracturas de estos se describe nombrando: el hueso afectado, la parte del mismo y las características adicionales; por ejemplo: 'fractura en laja del tercer hueso del carpo'. y no por un sistema alfanumérico, como el resto de los huesos. Con base en lo antes descrito en esta clasificación, la región 7 se utiliza para designar Metacarpianos/metatarsianos y Sesamoideos proximales: (Región Carpiana: Región del carpo); (Región Metacarpiana: Región de la caña 'de la mano'); (Región Metatarsiana: Región de la caña 'del pie'); (Región Metacarpo-

Sesamoido-Falángica ‘de la mano’: Región del menudillo ‘de la mano’); (Región Metatarso-Sesamoido-Falángica ‘del pie’; Región del menudillo ‘del pie’), y, la región 8 describe fracturas de Falanges y Sesamoideo distal: (Región interfalángica proximal ‘de la mano’: Región de la cuartilla ‘de la mano’); Región interfalángica proximal ‘del pie: Región de la cuartilla ‘del pie’); Región interfalango-sesamoido-falángica ‘de la mano’; (Región interfalango-sesamoido-falángica ‘del pie,’ las cuales, serán tomadas como las partes de un solo hueso largo.

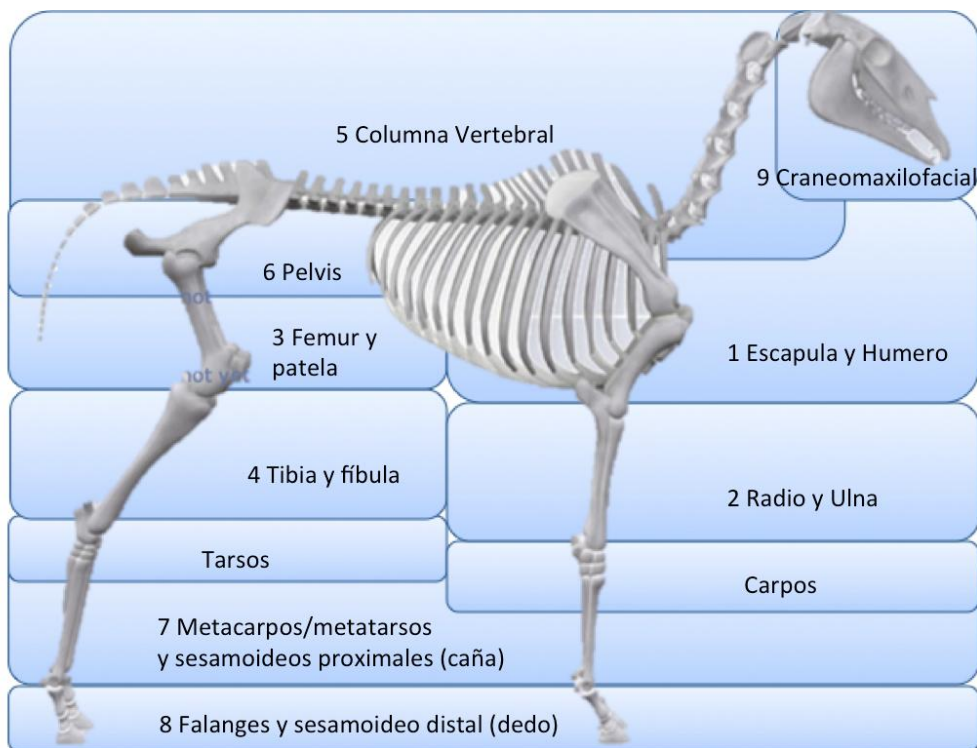


Figura 4.1 División del esqueleto del caballo por regiones

El resto de los componentes de clasificación, es decir, segmento, tipo y grupo se realiza con los principios descritos en el capítulo anterior considerando algunas, diferencias y particularidades en cada una de las regiones arriba descritas y que

serán mas ampliamente detalladas en los capítulos que describen dichas regiones individualmente.

También en los siguientes capítulos se describe la anatomía de las estructuras óseas que conforman las regiones de los miembros torácicos y pélvicos con excepción de los carpos y tarsos. Se realiza una descripción de la fracturas descritas bibliográficamente y finalmente se presenta la clasificación propuesta acompañada de las imágenes que ilustran el uso de la misma; así mismo cada una de estas imágenes describe la indicación que bibliográficamente reporta un mayor éxito; sin considerar características propias de cada individuo.

6 Escápula y Húmero: Región 1

La primer región está conformada por dos estructuras óseas los cuales son los huesos húmero y escápula, el húmero será dividido según las especificaciones del sistema antes descrito, es decir segmento 1 la porción proximal, segmento 2 la porción media y segmento 3 la porción distal, mientras que toda la escápula, como el 4 segmento de esta región. debido a que posee una sola epífisis distal y a la relación que guarda con el húmero en la articulación escapulo-humeral.

Anatomía de la escápula y húmero

La escápula es un hueso plano ubicado en el aspecto craneal de la pared lateral del tórax con su eje longitudinal extendido oblicuamente desde la cuarta vertebra torácica al extremo ventral de la primera costilla, es un hueso que se encuentra ligeramente curvado en su parte lateral para adaptarse a la forma de la pared torácica y tiene una disposición triangular. En la superficie lateral se encuentra dividida en dos porciones por la espina de la escápula que se extiende desde el borde dorsal hasta el cuello del hueso donde desaparece, cerca de este cuello se encuentra el foramen nutricio y un poco más ventral un surco vascular; presenta una cavidad glenoidea para la articulación con la cabeza del húmero; también esta presente una tuberosidad supraglenoidea que es una prominencia ubicada cranealmente y constituye el punto más sobresaliente del hombro del caballo.^{12,13}

El Húmero es un hueso largo que se extiende proximalmente desde el hombro donde se articula con la escápula y distalmente hasta el codo donde se articula con el radio y la ulna respectivamente; el cuerpo es cilíndrico con algunas

irregularidades y con cierto grado de torsión en la mitad proximal y su foramen nutricio está ubicado en el tercio distal y en la superficie lateral y proximal presenta la tuberosidad deltoidea. Su epífisis proximal está conformada por la cabeza, cuello, dos tuberosidades y un surco intertuberal; la cabeza presenta una superficie articular circular convexa aproximadamente dos veces más extensa que la cavidad glenoidea del escápula con la que se articula.

La epífisis distal consta de los epicóndilos medial y lateral y las fosas olecraneana y radial, la articulación con el radio y la ulna se da por medio de la tróclea formada por los cóndilos y cruzada por un surco sagital en la parte craneal donde normalmente existe la fosa sinovial. La fosa radial está situada cranealmente y constituye el origen del músculo extensor carpo radial, lateral a estos se encuentra una depresión donde se insertan el músculo extensor digital común; caudal y proximalmente a la tróclea existen los epicóndilos, el epicóndilo medio es más prominente y es el sitio de origen de los músculos flexores, el epicóndilo lateral presenta la cresta epicondílea; entre los epicóndilos se halla la fosa del olecranon que es profunda y dentro de la cual se proyecta el proceso ancóneo de la ulna.^{12,13}

Fig. 5.1

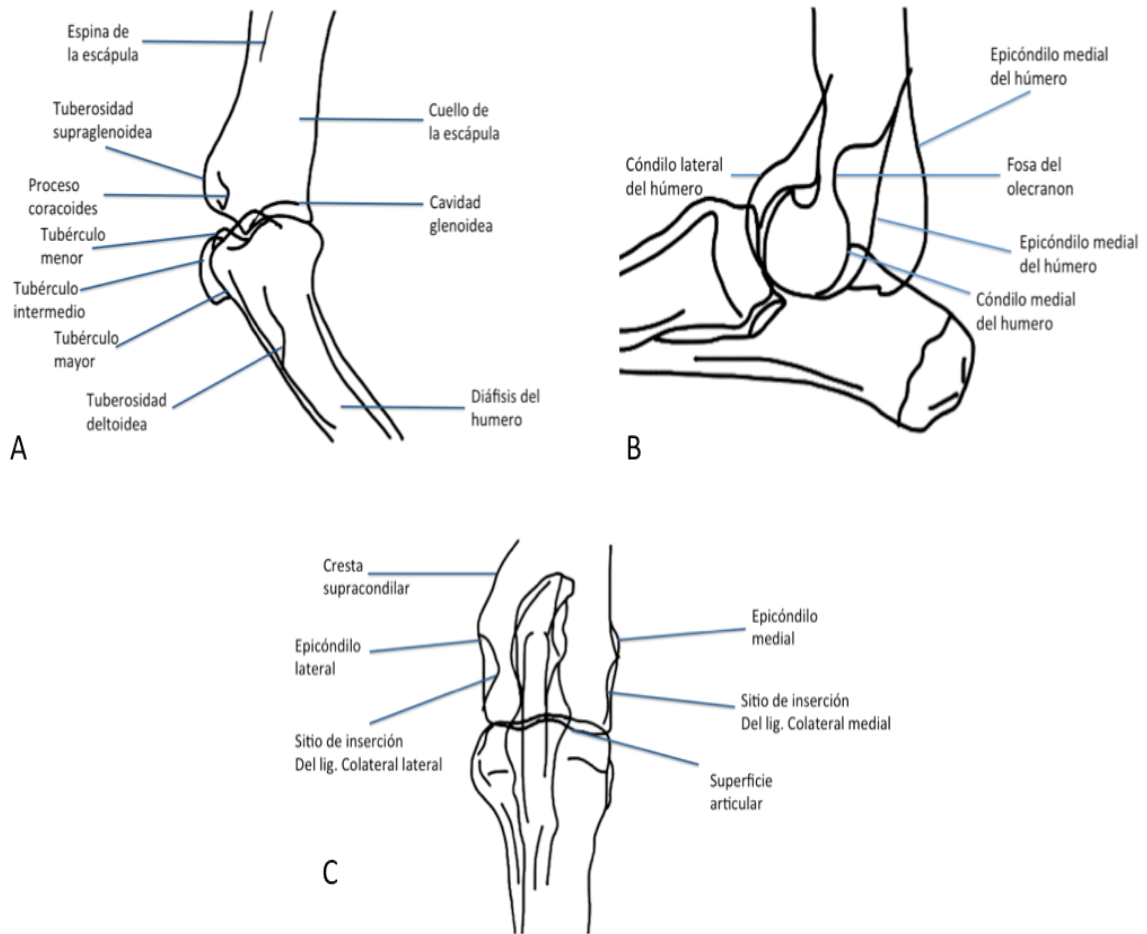


Fig. 5.1 Representación esquemática de la proyección medio-lateral de hombro (A), medio-lateral (B) y cráneo-caudal (C) de codo; mostrando las principales estructuras anatómicas

6.1 Fracturas de escápula

Las fracturas de la escápula son poco frecuentes en los équidos, esto es en parte debido a la localización proximal, a la estrecha relación que guarda con las costillas y a la gran masa muscular que la recubre y brinda protección, sin embargo cuando una fracturas ocurre puede ser en animales de todas las edades y razas aunque machos enteros menores de cuatro años parecen tener una mayor predisposición.²

Las fracturas de la escápula pueden involucrar la espina, la tuberosidad supraglenoidea, el cuerpo, el cuello y la cavidad glenoidea, de estas aquellas que involucra la tuberosidad supraglenoidea son las más comunes; a menudo son simples aunque también pueden existir fracturas multifragmentadas y cuando esto sucede los secuestros óseos se pueden desarrollar con gran facilidad, esto ocurre cuando la espina esta involucrada y se presentan heridas penetrantes y recientemente han sido descritas fracturas por estrés en los caballos Pura Sangre Inglés de carreras.^{24,25}

Las fracturas generalmente son causadas por un trauma directo como con una caída durante las carreras, frecuentemente presentan historia de un trauma y los signos de la claudicación pueden ir desde una claudicación leve hasta una severa es decir desde un 2/5 a un 5/5 de acuerdo con la clasificación de claudicaciones la Asociación Americana de Veterinarios en Equinos (*AAEP American Association of Equine Practitioners*), que será utilizada en el resto de la tesis. Las fracturas agudas en la región de la espina suelen presentar una inflamación focal, pero son capaces de apoyar el miembro y muestran una claudicación de leve a moderada, realizando una palpación profunda sobre el sitio de la fractura puede ser provocada una respuesta intensa de dolor. La evidencia de heridas penetrantes puede estar presente en casos crónicos de fracturas de la espina con la historia del desarrollo de fístulas recurrentes resultado de los secuestros óseos.²⁷

Cuando el cuerpo o cuello de la escápula están involucrados, los animales son generalmente reacios a soportar el peso inicialmente, y tienen dificultades para avanzar con la extremidad afectada, presenta una evidente inflamación sobre el sitio de la fractura y la manipulación y palpación profunda provoca una respuesta

dolorosa, también es posible encontrar lesiones asociadas al nervio supraescapular y presentar signos de parálisis. Los casos crónicos con una duración de más de tres semanas muestran grados variables de atrofia de los músculos de la región dorsal y superior del antebrazo, con el tiempo la inflamación puede llegar a ser más evidente en la región lateral del hombro como resultado de la atrofia muscular, adicionalmente équidos con fracturas de escápula también deben evaluarse para otros problemas como costillas fracturadas y trauma intratorácico.^{26,}

Las radiografías de la región son necesarias para un diagnóstico definitivo. Las vistas medio-lateral, y cráneo-caudales son complicadas de obtener pero a menudo revelan la mayoría de las fracturas de la escápula. El estudio se puede realizar con el paciente de pie en la mayoría de los casos; aunque algunas fracturas del cuerpo de la escápula pueden ser difíciles de evidenciar debido a la superposición de las costillas y las vértebras; en estos casos, el miembro debe ser extendido para obtener una imagen diagnóstica. Si se sospecha de una fractura pero no es observada, el animal debe limitarse a una caballeriza y evaluarse nuevamente de 10 a 14 días después o con el uso de gammagrafía antes de este periodo para ayudar en el diagnóstico. Algunos équidos grandes, o con grandes masas musculares que presentan dolor severo pueden requerir anestesia general para obtener radiografías diagnósticas.^{2,28}

6.2 Fracturas de húmero

Las fracturas de húmero también son poco frecuentes en équidos, esto es comprensible si se considera la longitud relativamente corta del hueso, además de las masas musculares que lo rodean, las cuales están más desarrolladas que en las regiones distales. Las fracturas pueden ocurrir en équidos de cualquier edad, sexo o raza, pero los más frecuentemente involucrados en este tipo de lesiones son los potros menores de un año de edad, Pura Sangre Inglés y caballos de salto.^{2,29}

Las fracturas de húmero son actualmente clasificadas como completas o incompletas, abiertas o cerradas, simples o conminuta, y desplazadas o no desplazadas. Siendo las más comunes las completas, cerradas y desplazadas. La mayoría involucran la diáfisis con una configuración oblicua, transversa o en espiral.²⁵

Debido a las grandes masas musculares que se insertan en el húmero, las fracturas pueden ser desplazadas, los fragmentos distales lo hacen caudalmente, mientras que los fragmentos proximales lo hacen cranealmente; sin embargo esto es raro debido a la estabilidad que dan los músculos supraespinoso, infraespinoso, subescapular y deltoides, las inserciones tendinosas del bíceps y la cápsula de la articulación escapulo-humeral. Las fracturas por estrés e incompletas ocurren en dos localizaciones típicas: en la corteza próximo-caudo-lateral y la corteza disto- craneo-medial.^{2,25,29}

La mayoría de las fracturas en el húmero son resultado de caídas o algún otro traumatismo, en caballos de carreras suelen estar asociadas a lesiones catastróficas resultado de una micro fractura por estrés no diagnosticada ni

tratada; los signos clínicos son variables y dependen principalmente de su configuración; los animales con una fractura no desplazada o ligeramente desplazada de la porción proximal como pueden ser una fractura episifiaria, de la tuberosidad mayor, de la tuberosidad deltoidea, y una fractura no desplazada de la diáfisis generalmente se presentan con la historia de una claudicación severa y que mejora entre 24 y 48 horas; una moderada inflamación puede estar presente en el sitio de la lesión en caso de una fractura proximal, y en los músculos laterales en el caso de aquellas fracturas que involucran la porción medial; la claudicación es moderada de un 2/5 a 3/5 de acuerdo con la AAEP y el dolor se hace más evidente al ejercer presión o manipular el miembro. En fracturas incompletas o por estrés la claudicación puede ser difícil de diagnosticar, en muchos casos la inflamación y el grado de la claudicación es leve de 1/5 a un 2/5 de acuerdo con la AAEP, estas son a menudo diagnosticadas por medio de gammagrafía. Las fracturas completas y desplazada ocurren de manera súbita, y muestran una claudicación severa 5/5 de acuerdo con la AAEP; una inflamación que va de moderada a severa de los músculos que recubren la región y muestran el codo con la apariencia de estar caído esto ocurre por un acortamiento del miembro debido a la fragmentación y al daño al nervio radial que ocurre en grados variables, la manipulación del miembro causa un incremento del dolor y del rango de movimiento cuando el miembro es abducido o aducido, la crepitación no suele ser palpable especialmente en équidos de grandes tallas con masas musculares bien desarrolladas ya que la inflamación de estas actúa como un amortiguador evitando el desplazamiento de los fragmentos, sin embargo esta manipulación se debe realizar de manera limitada ya que se tiene el riesgo de provocar un daño al

nervio radial, el cual puede ser evaluado por medio de una electromiografía del músculo extensor braquial realizada dos semanas posteriores a la lesión. Las fracturas de la epífisis distal, que involucra los cóndilos y epicóndilos son las más raras, cuando ocurren a menudo se presentan con una claudicación severa de corta duración, la inflamación es evidente hasta la región del codo y puede incluso observarse la presencia de efusión cuando la articulación esta involucrada, la presión directa sobre el sitio afectado y la manipulación del miembro invariablemente causan una respuesta dolorosa.^{2, 29}

El diagnóstico definitivo de la mayoría de las fractura requiere el uso de radiología aunque en la mayoría de los casos solo se utiliza para confirmar y definir la configuración, para fracturas de la diáfisis y epífisis distal una proyección medio lateral ligeramente oblicuas con el miembro en extensión realizada con el caballo de pie con sedación o para el caso de los potros posicionados en decúbito lateral con el miembro afectado por debajo para obtener una imagen diagnostica; la vista cráneocaudal es útil para evaluar la porción distal del húmero. Una vista caudocraneal que muestre la región proximal del húmero completa es más difícil de obtener pero puede ser realizada bajo anestesia general.^{2,25}

En ocasiones es posible necesitar varias proyecciones para identificar la fractura que involucre la tuberosidad mayor o la tuberosidad deltoidea en este caso una proyección cráneoproximal-cráneodistal de la porción proximal del húmero con el paciente de pie es de utilidad para evidenciar fracturas oblicuas de la tuberosidad mayor que no se hacen evidentes en la toma medio lateral en el caso de las fracturas por estrés estas no suelen revelar evidencia radiográfica a excepción de una proliferación ósea cuando son crónicas.²⁹

Escápula y Húmero

Código	Descripción	Figura
1	Escápula y Húmero	
11	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero	
11A	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular	
11A1	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular simple	
11A1.1	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular simple por estrés	Fig. 5.2
11A1.2	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular simple metafisaria	Fig 5.3
11A1.3	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular simple en tuberosidad deltoidea	Fig 5.4
11A2	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular multifragmentada	
11A3	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular conminuta	
11B	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular simple	
11B1	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular simple sin involucrar la cabeza del húmero	Fig. 5.5
11B2	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular simple involucrando la cabeza del húmero	Fig. 5.6
11B3	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular simple con luxación o subluxación	
11C	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular compuesta	
11C1	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular compuesta: multifragmentada	
11C2	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular compuesta: conminuta	
11C3	Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular compuesta con luxación o subluxación	
12	Escápula y Húmero: Diáfisis	
12A	Escápula y Húmero: Diáfisis; simple	
12A1	Escápula y Húmero: Diáfisis; simple en espiral	Fig. 5.7
12A2	Escápula y Húmero: Diáfisis; simple oblicua	Fig. 5.8
12A3	Escápula y Húmero: Diáfisis; simple transversa	Fig. 5.9
12B	Escápula y Húmero: Diáfisis; multifragmentada	
12B1	Escápula y Húmero: Diáfisis; multifragmentada en	

	espiral	
12B2	Escápula y Húmero: Diáfisis; multifragmentada oblicua	Fig. 5.10
12B3	Escápula y Húmero: Diáfisis; multifragmentada transversa	
12C	Escápula y Húmero: Diáfisis; conminuta	
12C1	Escápula y Húmero: Diáfisis; conminuta en espiral	
12C2	Escápula y Húmero: Diáfisis; conminuta oblicua	
12C3	Escápula y Húmero: Diáfisis; conminuta transversa	
13	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero	
13A	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular	
13A1	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular	
13A1.1	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular por estrés	Fig. 5.11
13A1.2	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular por avulsión	Fig. 5.12
13A2	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular multifragmentada	
13A3	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular conminuta	
13B	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular simple	
13B1	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular simple sin llegar a la metáfisis	
13B1.1	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular simple sin llegar a la metáfisis del cóndilo lateral	
13B1.2	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular simple sin llegar a la metáfisis del cóndilo medial	
13B2	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular simple hasta metáfisis	
13B3	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular simple propagada mas allá de la diáfisis	
13C	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular compuesta	
13C1	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular compuesta : única en la articulación con metáfisis multifragmentada	
13C2	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular compuesta: multifragmentada	

13C3	Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; articular compuesta: conminuta	
14	Escápula y Húmero: Escápula	
14A	Escápula y Húmero: Escápula; no articular	
14A1	Escápula y Húmero: Escápula; no articular simple	
14A1.1	Escápula y Húmero: Escápula; no articular simple en la tuberosidad supraglenoidea	
14A1.2	Escápula y Húmero: Escápula; no articular simple en el cuello	Fig. 5.13
14A1.3	Escápula y Húmero: Escápula; no articular simple en el cuerpo	5.14
14A2	Escápula y Húmero: Escápula; no articular multifragmentada	
14A3	Escápula y Húmero: Escápula; no articular conminuta	
14B	Escápula y Húmero: Escápula; articular simple	
14B1	Escápula y Húmero: Escápula; articular simple sin llegar a la metáfisis	
14B1.1	Escápula y Húmero: Escápula; articular simple sin llegar a la metáfisis en la tuberosidad supraglenoidea	
14B1.2	Escápula y Húmero: Escápula; articular simple sin llegar a la metáfisis en la cavidad glenoidea	5.15
14B2	Escápula y Húmero: Escápula; articular simple hasta la metáfisis	
14B3	Escápula y Húmero: Escápula; articular simple mas allá de la metáfisis	
14C	Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta	
14C1	Escápula y Húmero: Escápula, articular compuesta: única en la articulación con metáfisis multifragmentada	
14C2	Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: multifragmentada	
14C2.1	Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: multifragmentada en la tuberosidad supraglenoidea	5.16
14C2.2	Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: multifragmentada en la cavidad glenoidea	5.17
14C3	Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: conminuta	
14C3.1	Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: conminuta en la tuberosidad supraglenoidea	5.18

Tabla 5.1 Configuraciones de las fracturas de Escápula y Húmero con base en la adaptación de la clasificación Müller AO

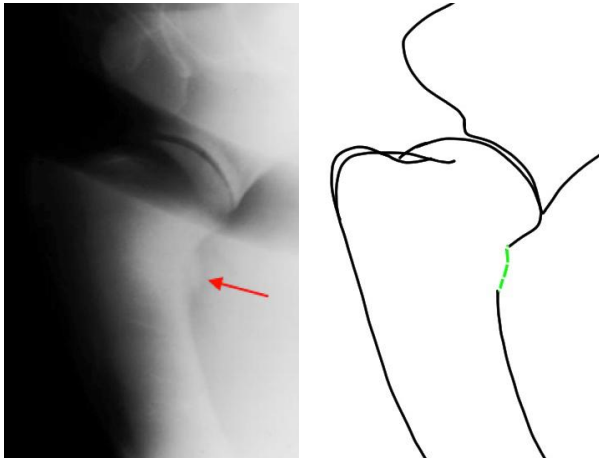


Fig. 5.2 Fractura tipo: 11A1.1: Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular simple por estrés

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza con ejercicio (caminado de mano) por un mínimo de tres meses seguido del regreso al ejercicio de manera gradual.³⁵

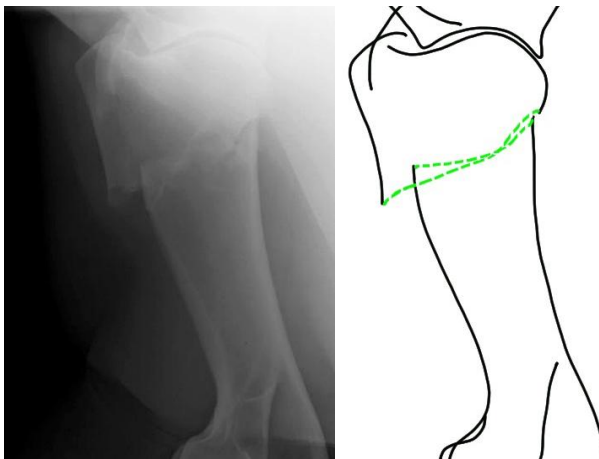


Fig. 5.3 Fractura tipo: 11A1.2: Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; no articular simple metafisaria

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con una o dos placas la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización, fijación interna con el uso de un clavo intramedular de tamaño suficiente.³¹

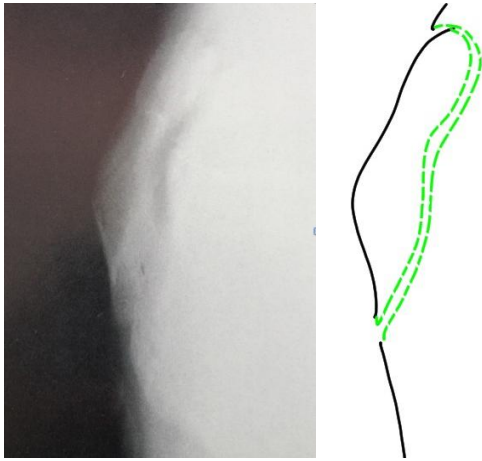


Fig. 5.4 Fractura tipo: 11A1.3: Escápula y Húmero: Epíffisis proximal del húmero; no articular simple en tuberosidad deltoidea

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical de 4.5 o 5.5 mm o tornillos de esponjosa 6.5mm colocados bajo la técnica de tracción para realizar la compresión interfragmentaria hasta la corteza de trans. Fijación interna con una placa de compresión dinámica en pacientes con un peso superior a los 450 kg.³²

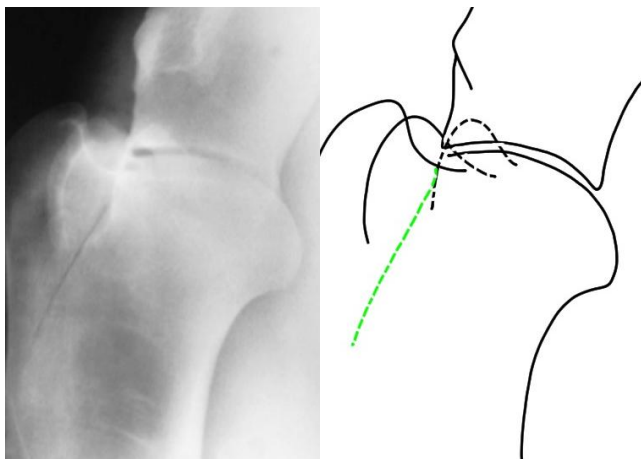


Fig. 5.5 Fractura tipo: 11B1: Escápula y Húmero: Epíffisis proximal del húmero; articular simple sin involucrar la cabeza del húmero

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción mediante artroscopia de fragmentos pequeños, fijación interna con tornillos de cortical de 4.5 o 5.5 mm colocados bajo la técnica tracción para realizar la compresión interfragmentaria hasta la corteza distomedial de la diáfisis del húmero.^{29,3}

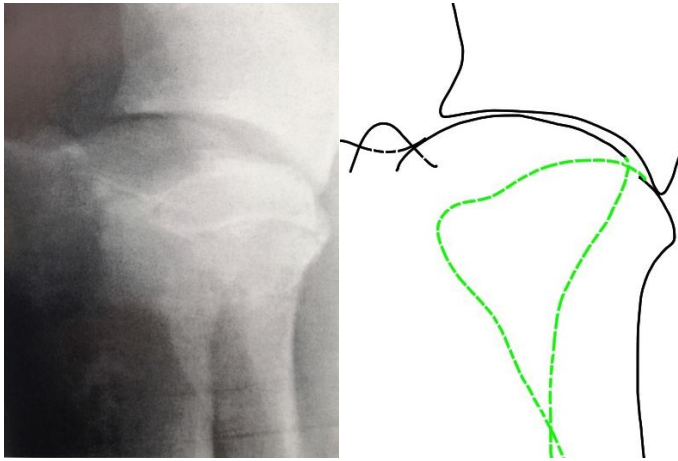


Fig. 5.6 Fractura tipo: 11B2: Escápula y Húmero: Epífisis proximal del húmero; articular simple involucrando la cabeza del húmero

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con una placa colocada bajo la técnica de neutralización y con tornillos de cortical de 4.5 o 5.5 mm o tornillos de esponjosa 6.5mm colocados bajo la técnica de tracción.³¹

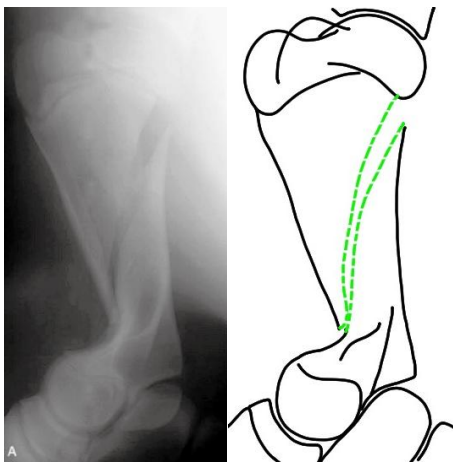


Fig. 5.7 Fractura tipo: 12A1: Escápula y Húmero: Diáfisis; simple en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico para potros de menos de 150 kg, una sola placa colocada bajo la técnica de compresión dinámica en la corteza dorsal con tornillos de cortical de 5.5 mm, y tornillos de esponjosa de 6.5 mm en las epífisis proximal y distal, adicionalmente puede colocarse una segunda placa bajo la técnica de neutralización colocada detrás de la tuberosidad deltoidea, uso de un clavo intramedular del grosor suficiente.^{25,29}

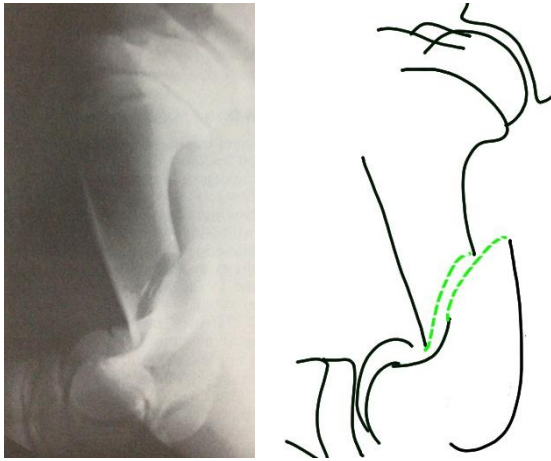


Fig. 5.8 Fractura tipo: 12A2: Escápula y Húmero: Diáfisis; simple oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna una sola placa colocada bajo la técnica de compresión dinámica en la corteza dorsal con tornillos de cortical de 5.5 mm, y tornillos de esponjosa de 6.5 mm en las epífisis proximal y distal. ^{25,29}

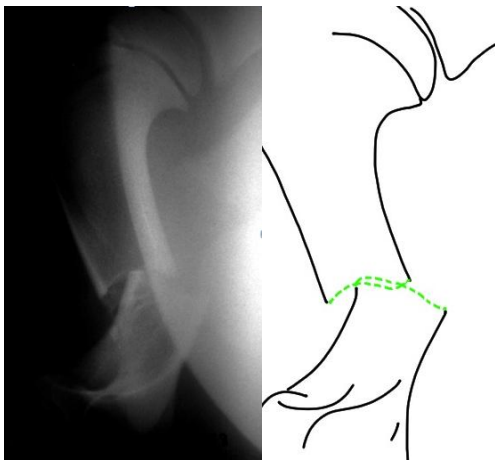


Fig. 5.9 Fractura tipo: 12A3: Escápula y Húmero: Diáfisis; simple transversa

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna una sola placa colocada bajo la técnica de compresión dinámica en la corteza dorsal con tornillos de cortical de 5.5 mm, y tornillos de esponjosa de 6.5 mm en las epífisis proximal y distal. ^{25,29}

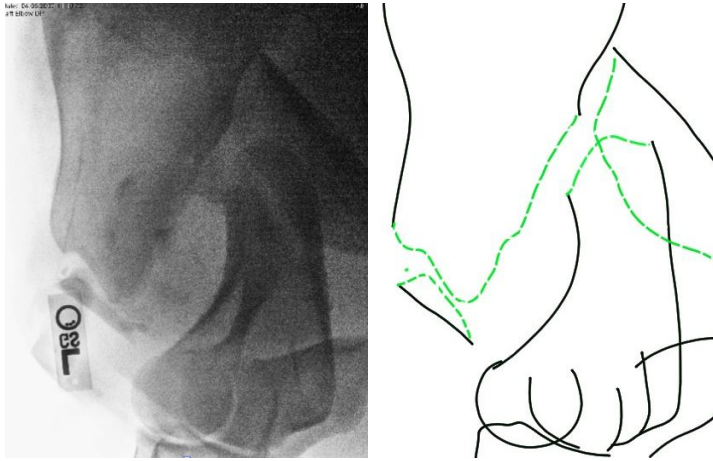


Fig. 5.10 Fractura tipo: 12B3: Escápula y Húmero: Diáfisis; multifragmentada oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: para potros de menos de 150 kg, una sola placa colocada bajo la técnica de compresión dinámica en la corteza dorsal con tornillos de cortical de 5.5 mm, y tornillos de esponjosa de 6.5 mm en las epífisis proximal y distal, adicionalmente puede colocarse una segunda placa bajo la técnica de neutralización colocada detrás de la tuberosidad deltoidea o el uso de un clavo intramedular.^{25,29}

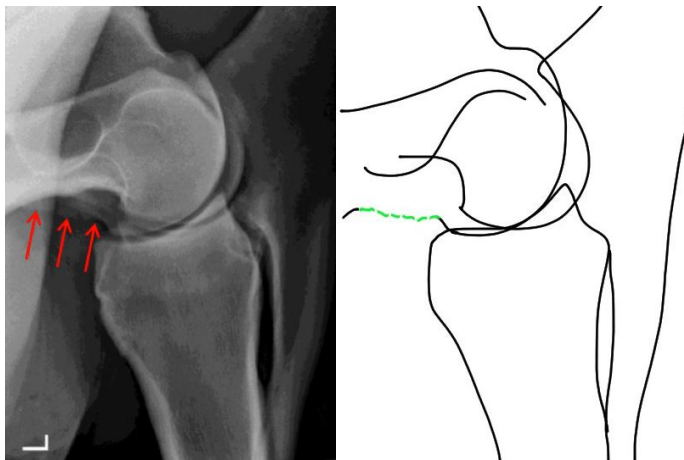


Fig. 5.11 Fractura tipo: 13A1.1: Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular por estrés

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza con ejercicio (caminado de mano) por un mínimo de tres meses seguido del regreso al ejercicio de manera gradual.³⁵

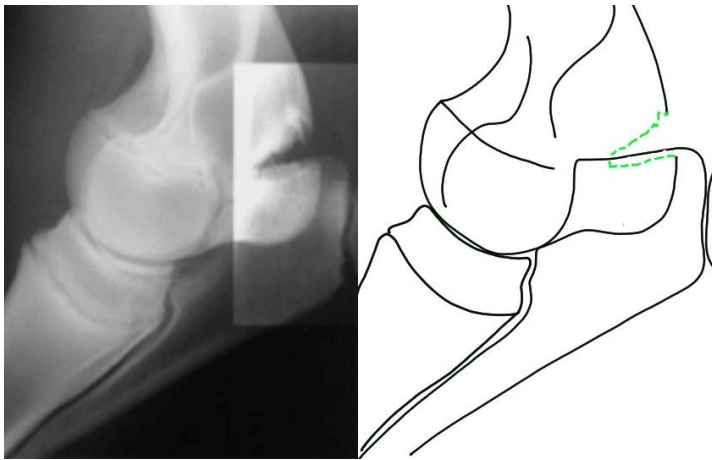


Fig. 5.12 Fractura tipo: 13 A1.2: Escápula y Húmero: Epífisis distal del húmero; no articular por avulsión

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza con ejercicio (caminado de mano) por un mínimo de tres meses seguido del regreso al ejercicio de manera gradual.²

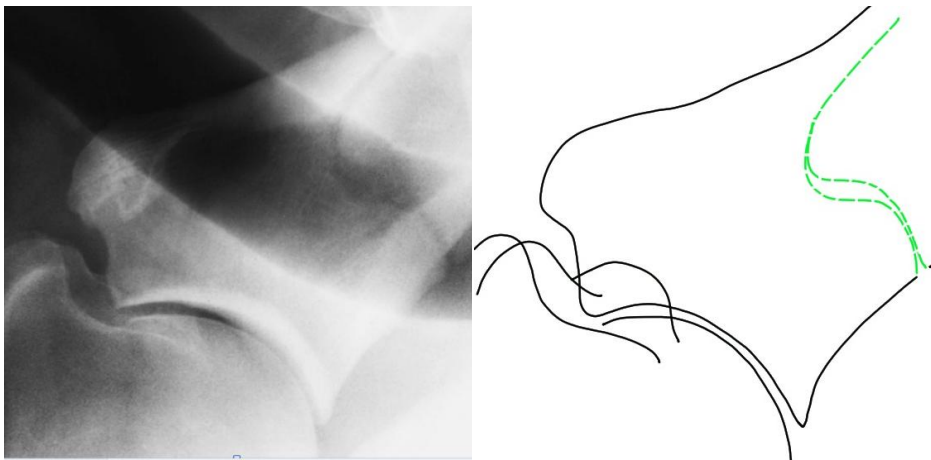


Fig. 5.13 Fractura tipo: 14A1.2: Escápula y Húmero: Escápula; no articular simple en el cuello

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización con un ángulo de 90 grados entre una y otra a cada lado de la espina de la escápula, utilizando entre 8 y 10 tornillos de cortical de 5.5 mm y una

placa de 4.5mm o tornillos de esponjosa 3.5 o 4.5 mm en placas de 3.5 mm en équidos pequeños.^{25,29}

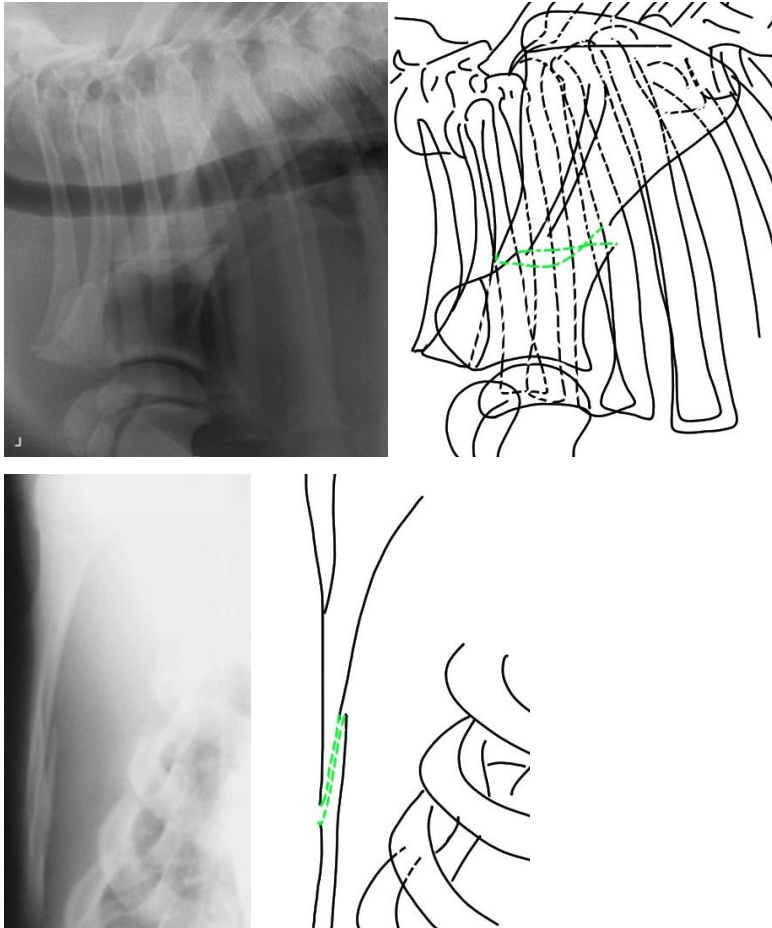


Fig. 5.14 Fractura tipo: 14A1.3: 14A1.3 Escápula y Húmero: Escápula; no articular simple en el cuerpo

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización con un ángulo de 90 grados entre una y otra a cada lado de la espina de la escápula, utilizando entre 8 y 10 tornillos de cortical de 5.5 mm y una placa de 4.5mm o tornillos de esponjosa 3.5 o 4.5 mm en placas de 3.5 mm en équidos pequeños.^{25,38}

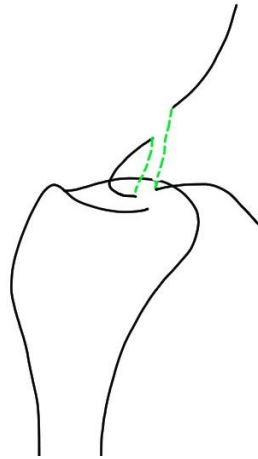


Fig. 5.15 Fractura tipo: 14B1.2: Escápula y Húmero: Escápula; articular simple sin llegar a la metáfisis en la cavidad glenoidea

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical de 5.5 mm o de esponjosa de 6.5 mm colocados bajo la técnica de tracción.²

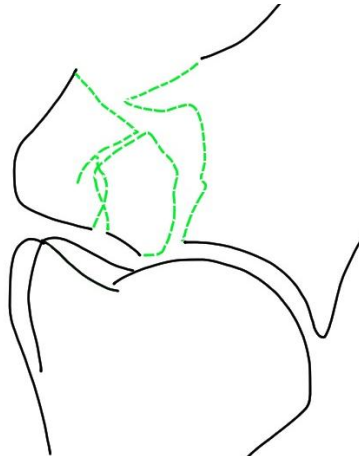


Fig. 5.16 Fractura tipo: 14C2.1: Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: multifragmentada en la tuberosidad supraglenoidea

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical de 5.5 mm o de esponjosa de 6.5 mm colocados bajo la técnica de tracción.²

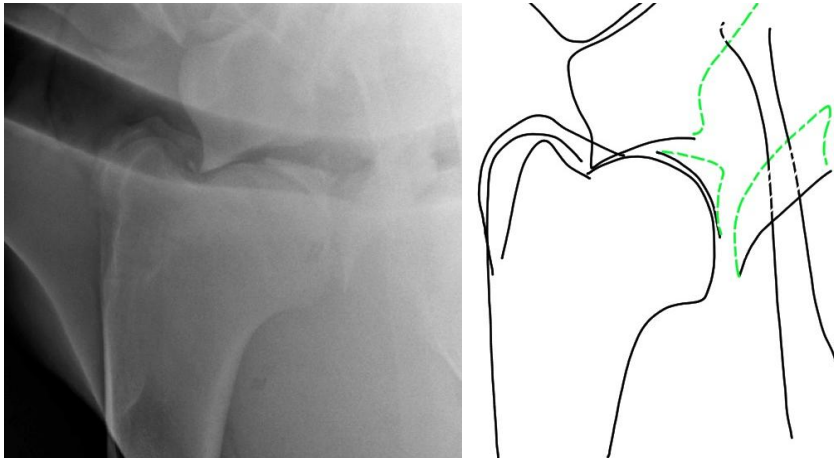


Fig. 5.17 Fractura tipo: 14C2.2: Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: multifragmentada en la cavidad glenoidea.

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical de 5.5 mm o de esponjosa de 6.5 mm colocados bajo la técnica de tracción.²⁶

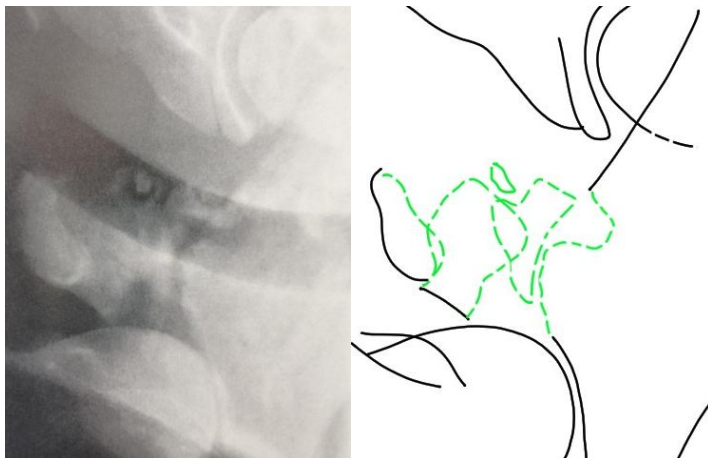


Fig. 5.18 Fractura tipo: 14C3.1: Escápula y Húmero: Escápula; articular compuesta: conminuta en la tuberosidad supraglenoidea.

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical de 5.5 mm o de esponjosa de 6.5 mm colocados bajo la técnica tracción.²⁶

7 Radio y Ulna: Región 2

La segunda región se adapta con base en los principios de la clasificación Müller de fracturas y esta conformada por dos estructuras óseas que corresponde a los huesos del antebrazo, es decir, el radio y la ulna.

7.1 Anatomía del radio y la ulna.

El radio es el más largo de los dos huesos que constituyen el antebrazo del caballo; se extiende en dirección vertical desde el codo donde se articula con el húmero hasta el carpo; está formado por una diáfisis y dos epífisis, en su porción proximal existe un pequeño surco que concurre con la ulna para formar el espacio interóseo; en este surco en los animales jóvenes existe un ligamento interóseo que se une a la ulna, mientras que en los adultos los dos huesos se encuentran fusionados. La epífisis proximal es aplanada en su aspecto craneocaudal y transversalmente es ancha, presenta la circunferencia articular para el húmero que corresponde con el extremo distal de este, en la superficie dorsal se encuentra la tuberosidad radial en la que se inserta el bíceps braquial y la tuberosidad medial que proporciona inserción al ligamento colateral medial de la articulación del codo; la tuberosidad lateral es más sobresaliente y proporciona inserción al ligamento colateral lateral del codo y al extensor común. En la epífisis distal presenta la superficie articular carpiana con tres caras articulares así como dos cresta una lateral y una medial para la inserción de los ligamentos colaterales constituidos por los procesos estiloides, es en esta porción distal donde se encuentra el foramen nutricio.¹³

La ulna del caballo es un hueso largo situado en la cara caudal del radio. El

olecranon o epífisis proximal que se proyecta proximal y caudalmente en la porción caudal del extremo distal de húmero y forma un brazo de palanca para los músculos extensores del codo. La epífisis distal es primitiva y se encuentra fusionada al radio para constituir la apófisis estiloides lateral.¹⁴ Fig. 6.1

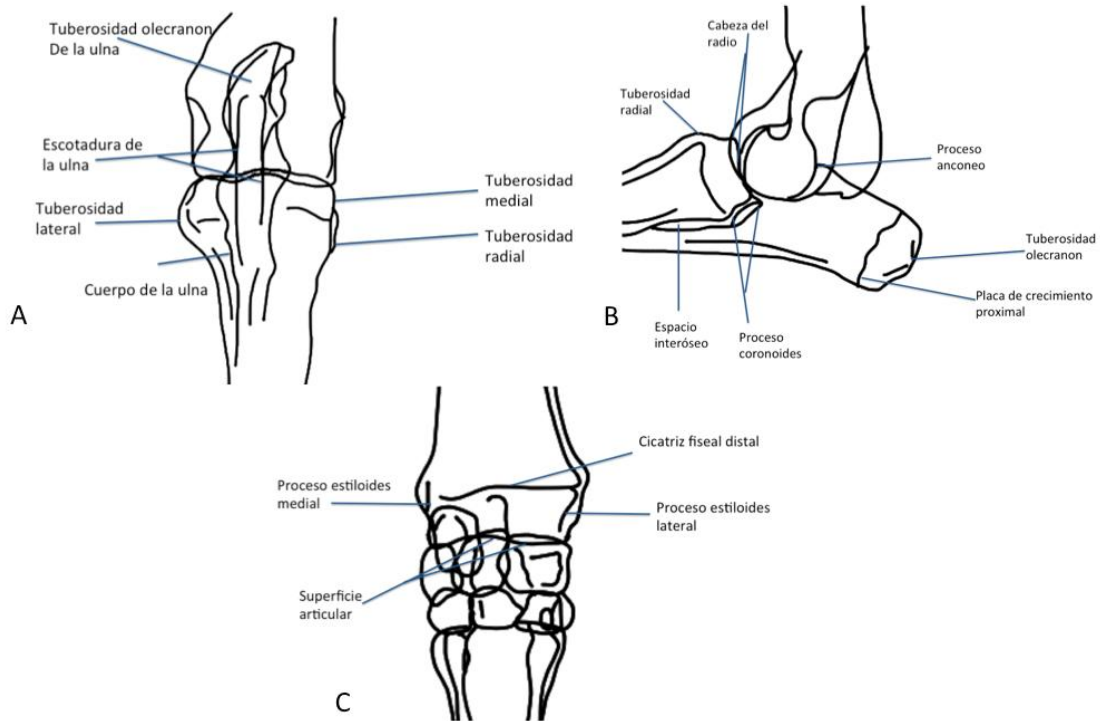


Fig. 6.1 Representación esquemática de la proyección craneo-caudal (A) y medio-lateral (B) de codo; y la proyección dorso-palmar (C) de codo; mostrando las principales estructuras anatómicas

7.2 Fracturas de radio

Las fracturas del radio representan del 8% a 14% de todas las fracturas en los équidos las configuraciones que se reportan incluyen las fracturas multifragmentadas como las más comunes, seguido por las fracturas con una configuración oblicua, transversas y finalmente aquellas que involucran las epífisis; las fracturas abiertas involucran generalmente la superficie medial del antebrazo,

donde hay menor cantidad del tejidos blandos, y también existen reportes de fracturas incompletas o por estrés de manera frecuente.^{2,7,39}

Estas lesiones resultan de un trauma de alto impacto como una patada de otro caballo en animales adultos o pisadas por parte de las yegua en los potros. Los signos clínicos son variables y dependen de la configuración, las fracturas desplazadas completas del radio son fácilmente identificadas con el examen físico, estos caballos presentan una claudicación severa 5/5 de acuerdo con la AAEP , diversos grados de inflamación en el antebrazo y la inestabilidad del miembro asociada con el sitio de la fractura la crepitación puede hacerse evidente y el dolor severo cuando se manipula la extremidad, frecuentemente existen pérdidas de continuidad en la piel en el aspecto medial y distal del antebrazo son frecuentes, mientras que las fracturas no desplazadas o que son incompletas son más difíciles de identificar, estos presentan una claudicación de 4/5 a 5/5 de acuerdo con la AAEP y se encuentran renuentes a apoyar peso sobre el miembro en menor proporción que los antes descritos, la inestabilidad y crepitación no están presentes; sin embargo, existe alguna inflamación en el antebrazo y la presión aplicada a la región suele causar un dolor severo. Las fracturas por estrés o micro fracturas son difíciles de identificar presentan una historia de claudicación con un inicio agudo que cede con el descanso y reincide con el ejercicio. La claudicación es de 1/ a 2/5 de acuerdo con la AAEP y en la evaluación de locomotor pueden ser positivos a la flexión de hombro; este tipo de fracturas pueden presentarse de ocasionalmente manera bilateral, dificultando aun más el diagnóstico.^{2,39}

En todos los casos el diagnóstico se confirma con el uso de la radiología sin embargo, a menudo se necesitan varias tomas para evaluar la configuración y

extensión de la misma, la tomografía computarizada puede ser útil para ayudar a determinar el método de reparación interno ideal si se trata de una fractura conminuta, independientemente de la configuración las fracturas no desplazadas pueden ser difíciles de diagnosticar inicialmente en el examen radiográfico, si se sospecha de una fractura no desplazada, el caballo debe ser vigilado para evitar que se eche y repetir las radiografías en un periodo de 3, 5 y 8 días; estos períodos generalmente permite el reconocimiento de las líneas de fractura. De manera alternativa, la gammagrafía se puede utilizar para ayudar en el diagnóstico de cualquier fractura, siendo el método de elección para diagnosticar fracturas por estrés.⁴⁰

7.3 Fracturas del ulna

La ulna es un hueso que se fractura comúnmente en los equinos; representa aproximadamente el 5 % de todas las fracturas siendo más comunes en caballos jóvenes, cerca del 79% ocurren en animales menores de 2 años de edad.²

Las fracturas de ulna actualmente se clasifican como tipo I a VI con base en su localización de tal manera que los tipo I y II son tipos de Salter-Harris, las tipo I es más común en los recién nacidos, mientras que el tipo II es más común en los potros mayores. La incidencia de estas fracturas se reduce cuando se cierra esta fisis, cerca de los 15 meses de edad. Las Tipo III a VI implican la diáfisis del olecranon. En los adultos estas fracturas a menudo involucran la superficie articular y se encuentran desplazadas debido a la contractura del tríceps; las fracturas distales al nivel de la articulación del codo tienen menos desplazamiento debido a los ligamentos entre la radio y la ulna.⁴¹

Ocurren en la mayoría de los casos por el Impacto directo o trauma en adultos y pueden estar asociadas con heridas en el aspecto lateral del codo; sin embargo, en los potros, las tipo I y II pueden ocurrir por la excesiva carga de tracción del tríceps.³⁹

La mayoría de estas fracturas presentan una claudicación aguda y severa 5/5 de acuerdo con la AAEP con un aspecto clásico que muestra el codo caído (con el carpo flexionado y el caballo sin apoyar peso sobre la extremidad). Aquellas no desplazadas inicialmente pueden mostrar el aspecto de codo caído pero mostrarán un aumento de la carga progresiva de peso en la extremidad. Hay diversos grados de inflamación de tejidos blandos, crepitación y pueden existir heridas de la piel. Los caballos presentan resistencia a la manipulación de la extremidad y es difícil conseguir que el caballo logre apoyar el miembro incluso con la colocación de una férula, y esto continuara hasta que el daño asociado al tríceps sea reparado.⁴²

El diagnóstico se puede realizar basándose en la apariencia del caballo, la palpación de la extremidad y las radiografías. Los diagnósticos diferenciales pueden incluir fracturas del radio o humero, daño del nervio radial. El estudio radiográfico es concluyente para establecer el diagnóstico y debe incluir las vistas lateral y cráneo-caudal para proporcionar la configuración de la fractura.^{2,7}

Radio y Ulna

Código	Descripción	Figura
2	Radio y Ulna	
21	Radio y Ulna; Epífisis proximal	
21A	Radio y Ulna; Epífisis proximal, no articular	
21A1	Radio y Ulna; Epífisis proximal, no articular radio intacto	6.2

21A2	Radio y Ulna; Epífisis proximal, no articular ulna intacta	6.3
21A3	Radio y Ulna; Epífisis proximal, no articular ambos huesos	6.4
21B	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular simple	
21B1	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular simple con radio intacto	6.5
21B2	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular simple con ulna intacta	6.6
21B3	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular simple ambos huesos	6.7
21C	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular compuesta	
21C1	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular compuesta radio intacto	6.8
21C2	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular compuesta ulna intacta	
21C3	Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular compuesta ambos huesos	6.9
22	Radio y Ulna; Diáfisis	
22A	Radio y Ulna; Diáfisis simple	
22A1	Radio y Ulna; Diáfisis simple en espiral	6.10
22A2	Radio y Ulna; Diáfisis simple oblicua	6.11
22A3	Radio y Ulna; Diáfisis simple transversa	6.12
22B	Radio y Ulna; Diáfisis multifragmentada	
22B1	Radio y Ulna; Diáfisis multifragmentada en espiral	6.13
22B2	Radio y Ulna; Diáfisis multifragmentada oblicua	6.14
22B3	Radio y Ulna; Diáfisis multifragmentada transversa	6.15
22C	Radio y Ulna; Diáfisis conminuta	
22C1	Radio y Ulna; Diáfisis conminuta en espiral	6.16
22C2	Radio y Ulna; Diáfisis conminuta oblicua	
22C3	Radio y Ulna; Diáfisis conminuta transversa	
23	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio	
21A	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio no articular	
23A1	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio no articular simple	6.17
23A2	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio no articular multifragmentada	6.18
23A3	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio no articular conminuta	6.19
22B	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular	
23B1	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular simple sin llegar a la metafisis	6.20
23B2	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular simple hasta la metafisis	6.21
22B3	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular simple mas allá de la metafisis	6.22
23C	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular	
23C1	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular compuesta: única en la articulacion con metafisis multifragmentada	6.23
23C2	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular compuesta: multifragmentada	
23C3	Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular compuesta: conminuta	6.24

Tabla 6.1 Configuraciones de las fracturas de Radio y Ulna con base en la adaptación de la clasificación Müller AO.

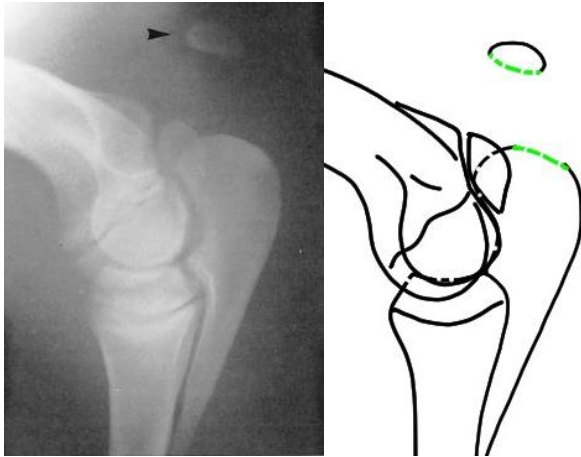


Fig. 6.2 Fractura tipo: 21A1: Radio y Ulna; Epífisis proximal, no articular radio intacto

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando tronillos de cortical 4.5 mm. al menos dos con el uso de arandelas, y alambre quirúrgico en ocho para disminuir la tensión o el uso de una placa contorneada por encima de la punta del olecranon^{39,43}

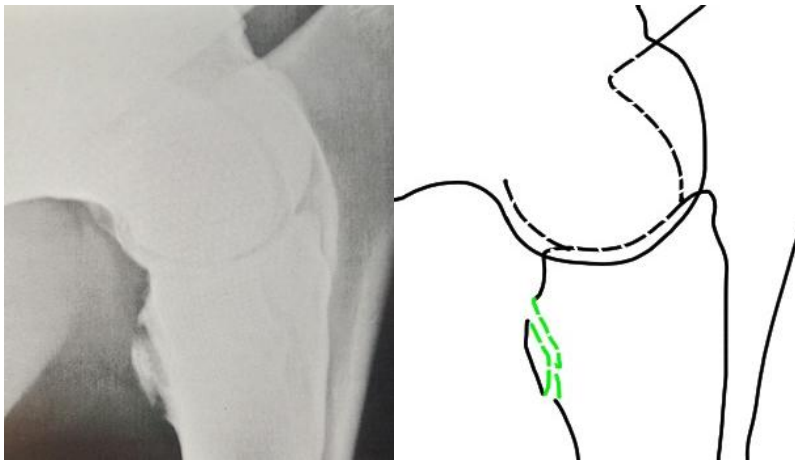


Fig. 6.3 Fractura tipo: 21A2: Radio y Ulna; Epífisis proximal, no articular ulna intacta

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por al menos un mes seguido de por dos meses ejercicio controlado caminando de mano.

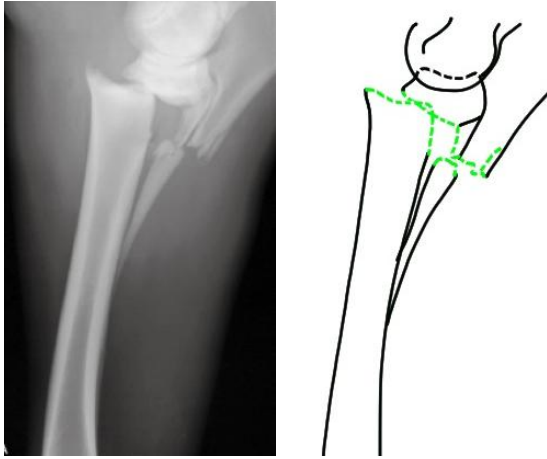


Fig. 6.4 Fractura tipo: 21A3: Radio y Ulna; Epífisis proximal, no articular ambos huesos

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna una placa colocada en el aspecto caudal del olecranon aplicada con los principios del tirante y bajo la técnica de compresión dinámica fijada con tornillos de cortical de 4.5 mm que se incorporen al radio en su parte proximal y media; si la fractura se extiende la placa debe ser contorneada para contrarrestar la fuerza del músculo tríceps ⁴¹

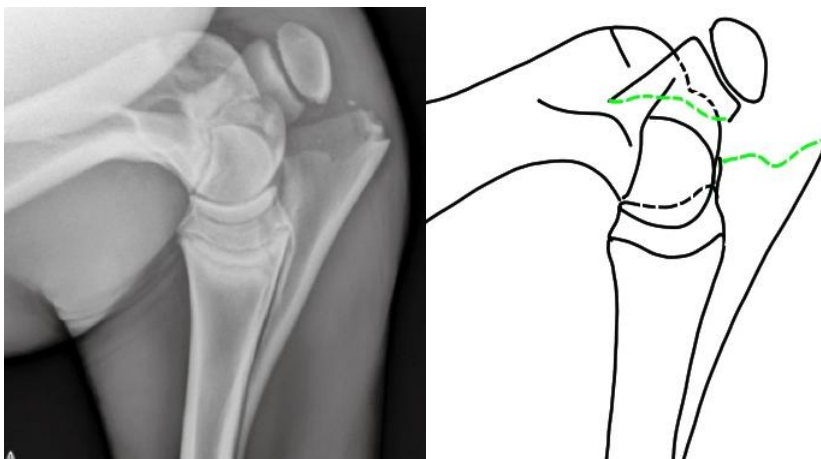


Fig. 6.5 Fractura tipo: 21B1: Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular simple con radio intacto

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna una placa colocada en el aspecto caudal del olecranon aplicada bajo los principios del tirante y bajo la técnica de compresión dinámica fijada con tornillos de cortical de 4.5 mm; si la fractura se extiende la placa debe ser contorneada para contrarrestar la fuerza del

músculo tríceps.^{42,44}

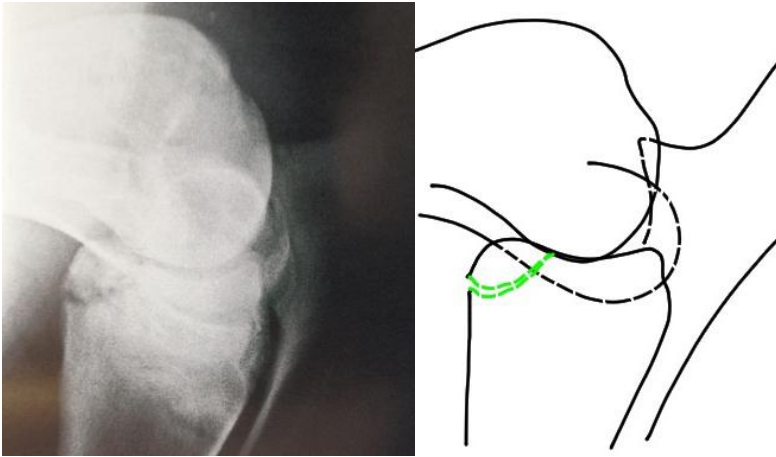


Fig. 6.6 Fractura tipo: 21B2: Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular simple con ulna intacta

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando al menos tornillos de cortical 4.5 mm colocados bajo la técnica de compresión interfragmentaria.²

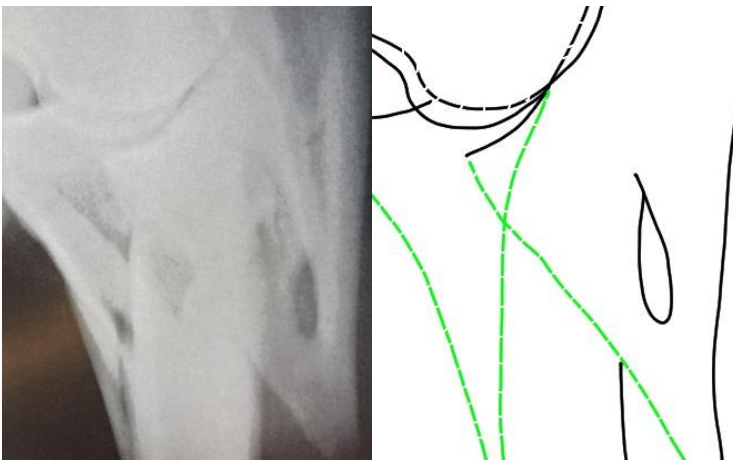


Fig. 6.7 Fractura tipo: 21B1: Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular simple ambos huesos

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna una placa colocada en el aspecto caudal del olecranon aplicada bajo los principios del tirante y bajo la técnica de compresión dinámica fijada con tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm; y una placa adicional colocada lateralmente y contorneada a la epífisis proximal del radio que abarque cuatro cortezas al menos en la porción mas proximal.⁴⁶

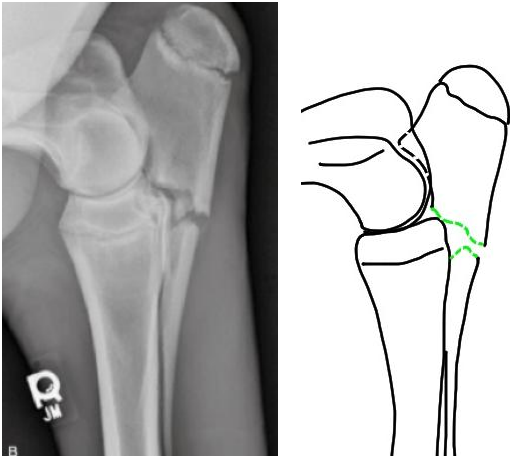


Fig 6.8 Fractura tipo 21C1: Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular compuesta radio intacto

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna una placa colocada en el aspecto caudal del olecranon aplicada bajo los principios del tirante y bajo la técnica de compresión dinámica fijada con tornillos de cortical de 4.5 mm; si la fractura se extiende la placa debe ser contorneada para contrarrestar la fuerza del músculo tríceps.^{42,44}

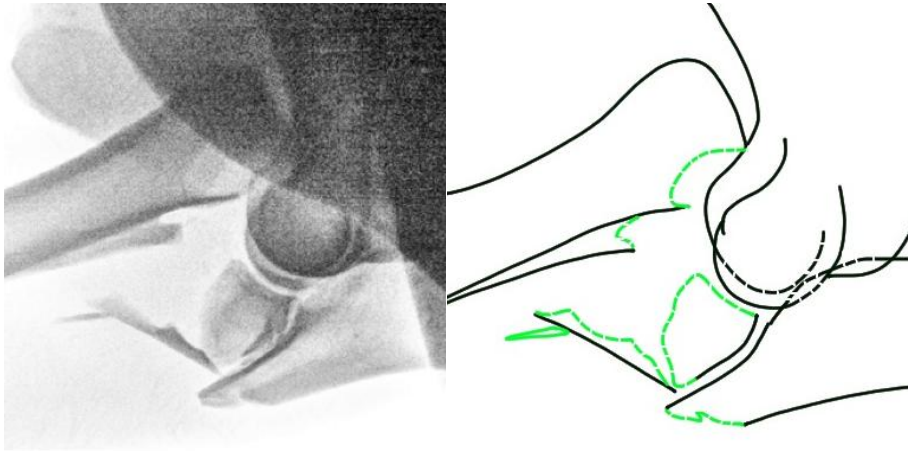


Fig. 6.9 Fractura tipo: 21C3: Radio y Ulna; Epífisis proximal, articular compuesta ambos huesos

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna una placa colocada en el aspecto caudal del olecranon aplicada con los principios del tirante y bajo la técnica de compresion dinaminca fijada co tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm; si la fractura se extiende la placa debe ser contorneada para contrarrestar la fuerza de los músculos tríceps, una fijación adicional de los fragmentos del humero con tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm, con la remoción adicional del proceso anconeo para facilitar la reducción de la fractura. ^{42,44}

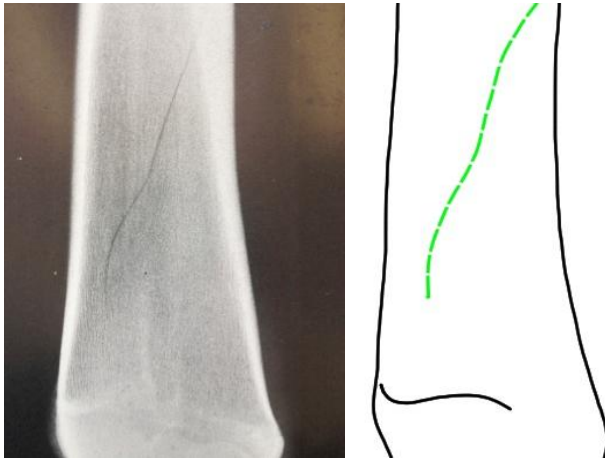


Fig. 6.10 Fractura tipo: 22A1: Radio y Ulna; Diáfisis simple en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico fijación interna dos placas de 5mm colocadas una perpendicular a otra la primera en la porción dorsal con la técnica de compresión dinámica la segunda en lateral con la técnica de neutralización, con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm ^{39,41}

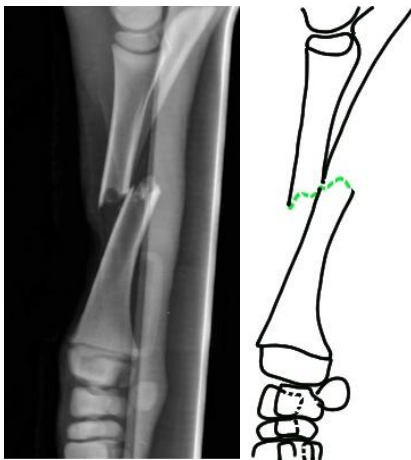


Fig. 6.11 Fractura tipo: 22A2: Radio y Ulna; Diáfisis simple oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna dos placas de 5mm colocadas una perpendicular a otra la primera en la porción dorsal con la técnica de compresión dinámica la segunda en lateral con la técnica de neutralización, con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm. ^{39,41}

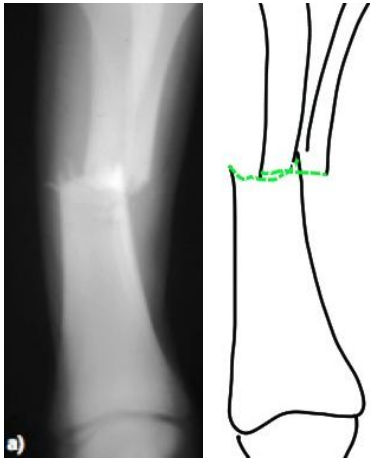


Fig. 6.12 Fractura tipo: 22A3: Radio y Ulna; Diáfisis simple transversa

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna dos placas de 5mm colocadas una perpendicular a otra la primera en la porción dorsal con la técnica de compresión dinámica la segunda en lateral con la técnica de neutralización, con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm.^{39,41}

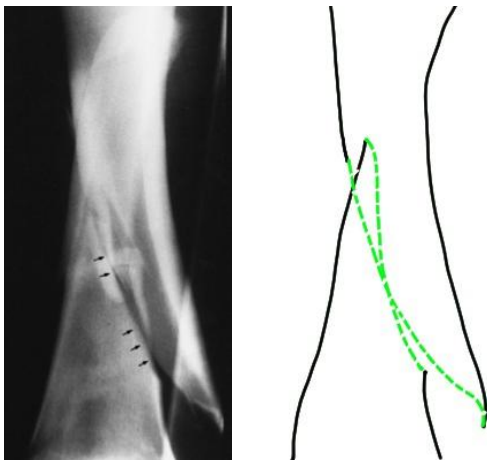


Fig. 6.13 Fractura tipo: 22B1: Radio y Ulna; Diáfisis multifragmentada en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna dos placas de 5mm colocadas una perpendicular a otra la primera en la porción dorsal con la técnica de compresión dinámica la segunda en lateral con la técnica de neutralización, con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm.^{39,41}

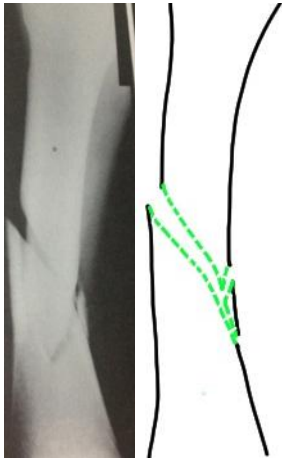


Fig. 6.14 Fractura tipo: 22B2: Radio y Ulna; Diáfisis multifragmentada oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico fijación interna dos placas de 5mm colocadas una perpendicular a otra la primera en la porción dorsal con la técnica de compresión dinámica la segunda en lateral con la técnica de neutralización, con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm.^{39,41}

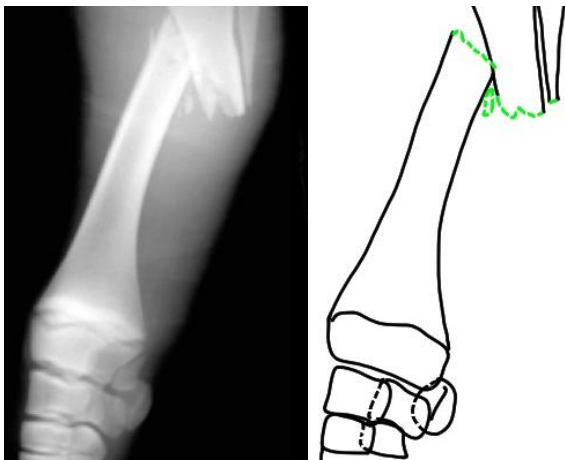


Fig. 6.15 Fractura tipo: 22B3: Radio y Ulna; Diáfisis multifragmentada transversa

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna dos placas de 5mm colocadas una perpendicular a otra la primera en la porción dorsal con la técnica de compresión dinámica la segunda en lateral con la técnica de neutralización, con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm.^{39,41}



Fig. 6.16 Fractura tipo: 22C1: Radio y Ulna; Diáfisis conminuta en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna dos placas de 5mm colocadas una perpendicular a otra la primera en la porción dorsal con la técnica de compresión dinámica la segunda en lateral con la técnica de neutralización, con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm, o el uso de dos tornillos de transfixión colocado el la porción proximal de radio.^{39,41}

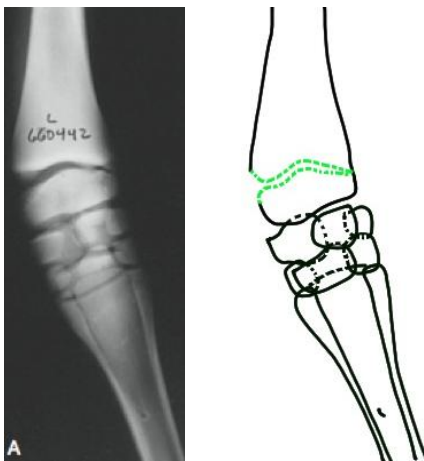


Fig. 6.17 Fractura tipo: 23A1: Radio y Ulna; Epífisis distal del radio no articular simple

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna puente transfisiario con alambre, si la placa de crecimiento esta separada o el uso de tornillos o el uso de dos tornillos de trasfixión en la porción media p proximal del radio si la placa se encuentra comprimida⁴⁹

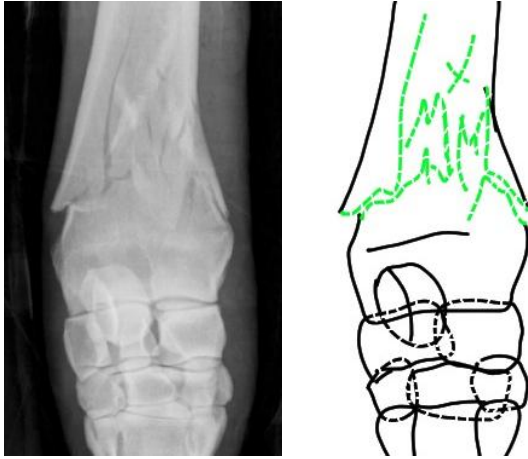


Fig. 6.18 Fractura tipo: 23A2: Radio y Ulna; Epífisis distal del radio no articular multfragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: uso de dos clavos de trasfixión en la porción media o proximal del radio.

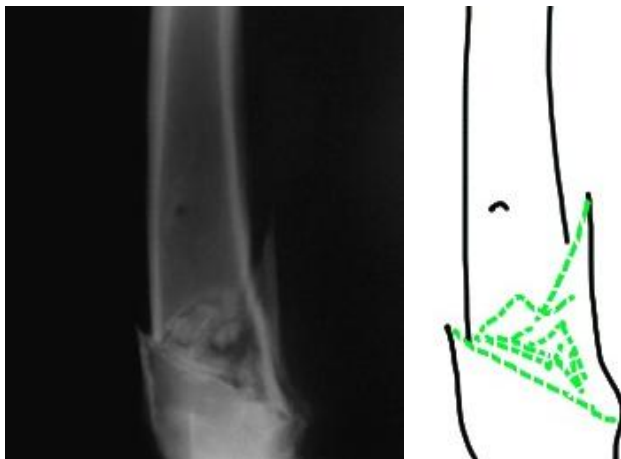


Fig. 6.19 Fractura tipo: 23A3: Radio y Ulna; Epífisis distal del radio no articular conminuta

Indicación: Tratamiento quirúrgico: uso de dos clavos de trasfixión en la porción media o proximal del radio. ²

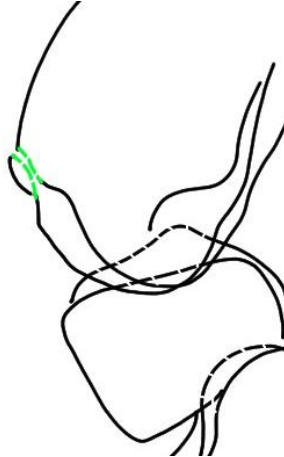
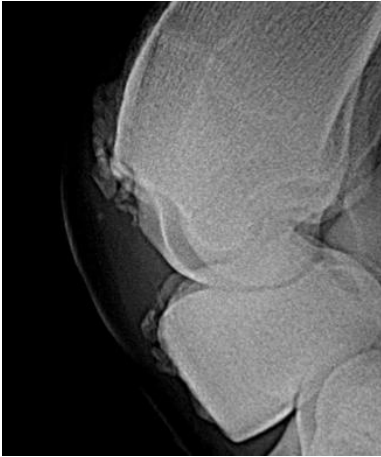


Fig. 6.20 Fractura tipo: 23B1: Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular simple sin llegar a la metafisis

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza con ejercicio controlado por al menos tres meses, Tratamiento quirúrgico: extracción mediante artroscópica del fragmento ⁴¹

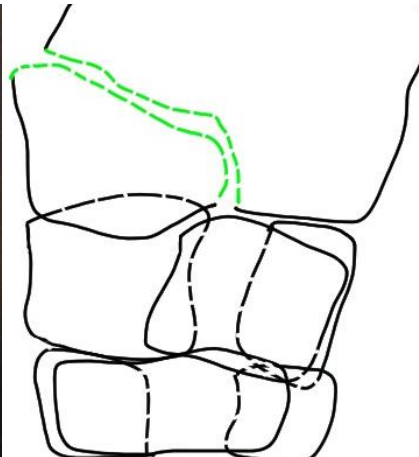


Fig. 5.21 Fractura tipo: 23B2: Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular simple hasta la metafisis

Indicación: Tratamiento quirúrgico: uso de tornillos de transfixión colocados en la porción proximal o media de radio. ⁴⁹

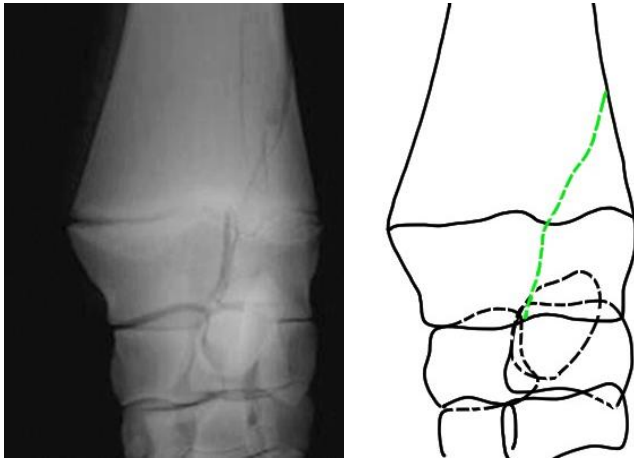


Fig. 6.22 Fractura tipo: 23B3: Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular simple mas allá de la metafisis

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna del fragmento con tornillos de dos tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm o el uso de una placa en T fijada con tornillos de cortical 4.5 mm,⁴⁹

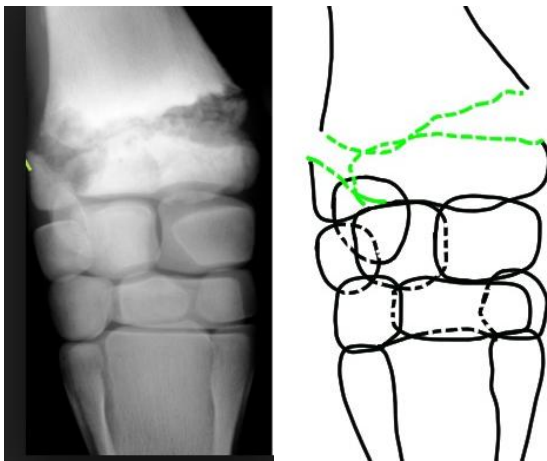


Fig. 6.23 Fractura tipo: 23C1: Radio y Ulna; Epífisis distal del radio articular compuesta: única en la articulación con metafisis multifragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: uso de tornillos de transfixión colocados en la porción proximal o media de radio.⁴⁹

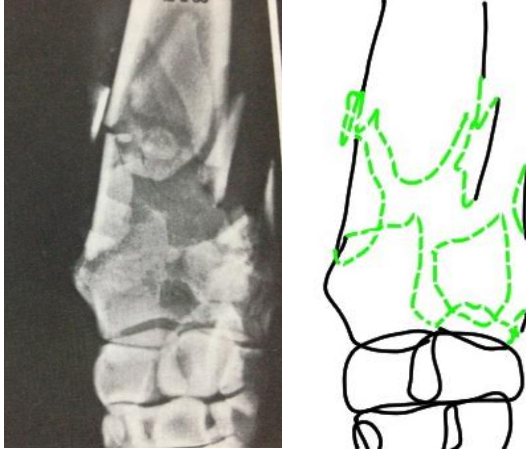


Fig. 6.24 Fractura tipo: 23C3 : Radio y Ulna; Epifisis distal del radio articular compuesta: conminuta

Indicación: actualmente no existe un Tratamiento que sea satisfactorio por lo cual es recomendable inducir muerte humanitaria.

8 Fémur y Patela: Región 3

La tercer región esta conformada por dos huesos el fémur y la patela incluida como el 4 segmento del fémur, y se realiza con los mismos criterios utilizados en humanos en la clasificación de fracturas Müller.

8.1 Anatomía del fémur y la patela

El fémur es el hueso más largo y fuerte en el esqueleto apendicular de los équidos, proximalmente se articula con el acetábulo y distalmente lo hace con la tibia y la patela, el extremo proximal presenta como característica más destacas una cabeza que con su superficie articular semiesférica sobresale ampliamente del hueso, esta cabeza posee una fóvea que en el caballo corresponde a una abertura cuneiforme, esta cabeza esta unida a la diáfisis por un cuello que no es prominente, también posee en su aspecto lateral el trocánter mayor el cual se encuentra dividido por una porción craneal y una caudal, en su aspecto medial de halla el trocánter menor y solo en el caballo también en su porción lateral se encuentra el tercer trocánter; la diáfisis realmente no presenta grandes particularidades con excepción de la tuberosidad bicipital en la porción caudoproximal y la profunda fosa supracondilea en el segmento caudodistal y su foramen nutricio se ubica a la mitad del borde de la inserción del musculo pectíneo y el límite caudal del músculo vasto medial, la porción distal del fémur posee dos cóndilos asimétricos uno lateral y uno medial estos se encuentran separados por fosa intercondilea y conforman la tróclea del fémur, la cara abaxial de estos cóndilos presentan los epicóndilos lateral y medial respectivamente.^{2,52,53}

La patela es un hueso sesamoideo ubicado en el tendón terminal del músculo cuádriceps femoral cuyas caras articulares están orientadas hacia el fémur. Su cara craneal libre se ubica hacia la piel y sirve como superficie de inserción muscular en su porción proximal. Fig. 7.1

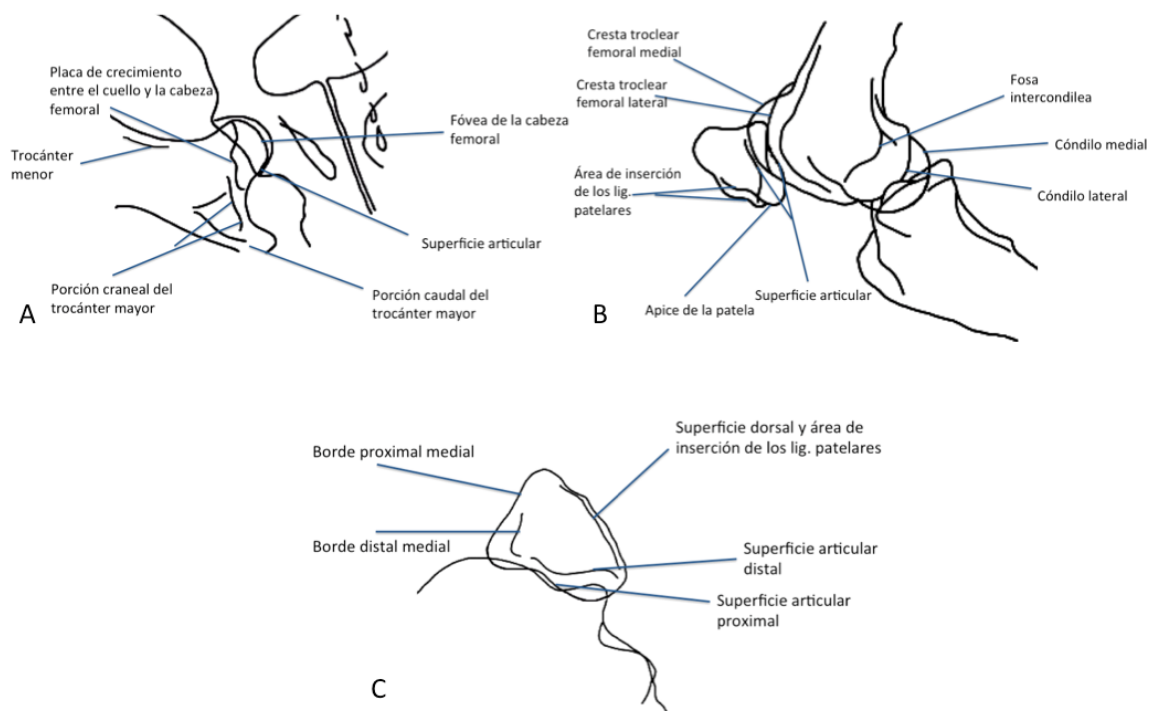


Fig. 7.1 Representación esquemática de la proyección ventromedial-ventrolateral oblicua de pelvis(A), latero-medial flexionada de babilla (B) y cráneoproximal-cráneodistal oblicua de patela (C); mostrando las principales estructuras anatómicas

8.2 Fracturas de fémur

Las fracturas que involucran el fémur incluyen una amplia variedad de configuraciones dentro de las que se incluyen fragmentos ostocondrales intraarticulares ubicados en las trócleas que han sido reportados en caballos de salto y prueba de tres días como resultado de traumatismo.⁵²

También se han reportado fracturas tipo Salter-Harris tipo IV, fracturas del fémur distal en caballos jóvenes como consecuencia de un trauma directo estos

presentan una claudicación severa y obvia efusión femoropatelar. La fractura puede involucrar una o ambas crestas trocleares.⁵³

Fracturas intrarticulares de la rodilla son generalmente resultado de fuerzas internas; es raro ver a estos problemas en caballos con signos de traumatismos externos y ocurren con mayor frecuencia en la articulaciones femoropatelar que en la femorotibial.⁵²

Los signos clínicos que los caballos presentan incluyen una claudicación aguda y severa 5/5 de acuerdo con la AAEP, a menudo con efusión en las articulaciones que pueden o no manifestar una respuesta dolorosa a la palpación, pero lo hacen al realizar la flexión del miembro y a menudo muestran una rotación externa de la extremidad distal al ponerse de pie.^{53,55}

El diagnóstico de estas fracturas se realiza con el apoyo de radiografías que permitan establecer la configuración de la fractura

Las fracturas en la diáfisis del fémur son relativamente comunes en caballos principalmente en animales donde a menudo implican la placa de crecimiento proximal o distal y fracturas diafisarias son generalmente oblicuas y en espiral. Mientras que los adultos tiende a sufrir fracturas multifragmentadas del eje femoral.^{2,55}

En los potros las fracturas son consecuencia de traumatismos la mayoría de la veces ocasionados por la yegua, además de caídas o aducción severa y traumatismos causados por accidentes que involucran las instalaciones, existen reportes donde se han diagnosticado fracturas por avulsión en los cóndilos femorales en caballos castrados de pie sin sedación y simplemente atados.^{2,7}

Los signos clínicos además de una claudicación obvia incluyen la apariencia de un

corvejón con la flexión disminuida cuando se observa el miembro de lado, también puede observarse inflamación de los músculos que recubre el sitio de la fractura; es posible detectar una sutil crepitación con el uso del estetoscopio, aunque esto en ocasiones es difícil de detectar debido a la gran musculatura y la inflamación presente o en fracturas incompletas o con una mínima fragmentación.²

Caballos jóvenes que sufren fracturas en la placa de crecimiento proximal pueden ser difíciles de diagnosticar, y deben ser diferenciadas de luxación coxofemoral. Las fracturas del cuello femoral ocurren de manera más frecuente en animales viejos o ponis. Estos animales pueden soportar peso, y la inflamación de los tejidos puede no ser evidente en casos agudo, manifestándose en el aspecto medial del muslo, particularmente después de varios días. La palpación, y en algunos casos la auscultación sobre el trocánter mayor puede ser útil mientras se manipula la extremidad. Si el caballo es bastante grande, una exploración rectal también puede ayudar en el diagnóstico. Las fracturas de la placa de crecimiento distal son generalmente más evidentes por su desplazamiento, inestabilidad y la inflamación de tejidos blandos en la región de babilla.⁵³

Aunque los hallazgos del examen físico pueden ser suficientes para diagnosticar una fractura de fémur, las radiografías son importantes para hacer un diagnóstico definitivo y demostrar la localización exacta y la configuración de la fractura. Particularmente en los adultos, la realización de el estudio radiografico de calidad de los dos tercios proximales del fémur puede lograrse con el caballo bajo anestesia general en decúbito dorsal con la extremidad en abducción. Una adecuada penetración es difícil de lograr en la proyección craneocaudal pero la imagen también suele ser útil. En la actualidad con el uso de radiología

computarizada y digital se ha facilitado la obtención de tomas diagnósticas con los animales de pie lo cual representa menos riesgos relacionados a la gravedad de la lesión y la capacidad prevista del caballo para recuperarse de la anestesia general sin lesiones adicionales.⁵²

El Ultrasonido es otra herramienta diagnóstica que puede demostrar la interrupción cortical cuando las radiografías no son posibles o la gammagrafía no esta disponible especialmente para las lesiones crónicas.⁵²

8.3 Fracturas de Patela

Las fracturas que involucran la patela ocurren de manera rara en caballos, son varias las configuraciones, incluyendo sagital, transversa, multifragmentadas y basilares. En ocasiones estas configuraciones han sido encontradas asociadas a fracturas de fémur.^{2,7}

La etiología de estas fracturas son las fuerzas causadas por el trauma directo a la patela mientras la babilla está en una posición semiflexionada ya que cuando esto ocurre la patela es inmovilizada haciéndola más susceptible. Estos traumas pueden ser resultado de patadas y existen reportes de lesiones bilaterales en caballos de salto que golpean las barras con ambas babillas.⁵³

Algunos caballos sufren la fragmentación de la patela en su porción distal cuando regresan a trabajar después de haber sido sometidos a una desmotomía de ligamento patelar medial, esto es probablemente debido al trauma directo y por inestabilidad patelar.⁵⁴

Los signos clínicos en estos caballos se presentan con una claudicación de inicio agudo, una inflamación y dolor severo asociado con el aspecto craneal de la

babilla. La efusión femoropatelar esta presente , pero a menudo la inflamación de tejidos blandos suele dificultar la palpación de la misma. La flexión de la babilla exagera la claudicación aunque el caballo es capaz de soportar su peso, lo hace con dificultad debido al compromiso de los cuádriceps y el dolor. Estos signos clínicos pueden disminuir durante un período de días a semanas de descanso si los fragmentos más pequeños no afectan la mecánica de la babilla.⁵⁴

El diagnóstico requiere de radiografías para documentar el tipo y la extensión de la fractura. Las tomas rutinarias lateromedial y caudocraneal demuestran generalmente fracturas conminutas o transversales. La proyección oblicua de caudolateralto-craniomedial acentúa el ápice (borde distal) de la patela; y aunque la inflamación y el dolor pueden causar cierta resistencia, las tomas en flexión son útiles o necesarias para demostrar algunas lesiones. La proyección lateromedial flexionada puede evidenciar algunas fracturas transversales y sagitales, mientras que fragmentos mediales, requieren una proyección craneoproximal-craneodistal, el ultrasonido es útil para identificar fragmentos pequeños, ruptura de ligamentos patelares o lesiones que pueden no ser visibles radiográficamente, tales como la separación del fibrocartílago intermedio.^{54,55}

Fémur y Patela		
Código	Descripción	Figura
3	Fémur y Patela	
31	Fémur y Patela; Epíasis proximal del fémur	
31A	Fémur y patela; Epíasis proximal del fémur, no articular	
31A1	Fémur y patela; Epíasis proximal del fémur, no articular simple	
31A1.1	Fémur y patela; Epíasis proximal del fémur, no articular simple de trocánter mayor	7.2

31A1.2	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, no articular simple de tercer trocánter	7.3
31A2	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, no articular multifragmentada	7.4
31A3	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, no articular conminuta	
31B	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular simple	
31B1	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular simple sin llegar a la metafisis	
31B2	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular simple hasta la metafisis	7.5
31B3	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular simple más allá de la metafisis	7.6
31C	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular compuesta	
31C1	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular compuesta: única en la articulacion con metafisis multifragmentada	
31C2	Fémur y patela; epífisis proximal del fémur, articular compuesta: multifragmentada	
31C3	Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular compuesta: conminuta	
32	Fémur y patela; diáfisis del fémur	
32A	Fémur y patela; diáfisis del fémur, simple	
32A1	Fémur y patela; diáfisis del fémur, simple en espiral	7.7
32A2	Fémur y patela; diáfisis del fémur, simple oblicua	7.8
32A3	Fémur y patela; diáfisis del fémur, simple transversa	
32B	Fémur y patela; diáfisis del fémur, multifragmentadas	
32B1	Fémur y patela; diáfisis del fémur multifragmentadas en espiral	7.9
32B2	Fémur y patela; diáfisis del fémur multifragmentadas oblicua	7.10
32B3	Fémur y patela; diáfisis del fémur multifragmentadas transversa	7.11
32C	Fémur y patela; diáfisis del fémur conminuta	
32C1	Fémur y patela; diáfisis del fémur conminuta en espiral	7.12
32C2	Fémur y patela; diáfisis del fémur conminuta oblicua	7.13
32C3	Fémur y patela; diáfisis del fémur conminuta transversa	
33	Fémur y patela; Epífisis distal	
33A	Fémur y patela; epífisis distal no articular	
33A1	Fémur y patela; epífisis distal no articular simple	
33A1.1	Fémur y patela; epífisis distal, no articular simple epicondilar	7.14
33A1.2	Fémur y patela; epífisis distal, no articular simple supracondilar	7.15
33A2	Fémur y patela; epífisis distal, no articular multifragmentada	7.16
33A3	Fémur y patela; epífisis distal, no articular conminuta	
33B	Fémur y patela; epífisis distal articular simple	
33B1	Fémur y patela; epífisis distal articular simple sin llegar a la	7.17

	metafisis	
33B2	Fémur y patela; epífisis distal articular simple hasta la metafisis	7.18
33B3	Fémur y patela; epífisis distal articular simple mas alla de la metafisis	7.19
33C	Fémur y patela; epífisis distal articular compuesta	
33C1	Fémur y patela; epífisis distal articular compuesta: articular simple con metafisis multifragmentada	
33C2	Fémur y patela; epífisis distal articular compuesta: multifragmentada	7.20
33C3	Fémur y patela; epífisis distal articular compuesta: conminuta	7.21
34	Fémur y patela; patela	
34A	Fémur y patela; patela no articular	
34A1	Fémur y patela; patela no articular, simple	
34A2	Fémur y patela; patela no articular, multifragmentada	
34A3	Fémur y patela; patela no articular, conminuta	7.22
34B	Fémur y patela; patela articular simple	
34B1	Fémur y patela; patela articular simple, fragmento osteocondral	
34B1.1	Fémur y patela; patela articular simple, fragmento osteocondral proximal	7.23
32B1.2	Fémur y patela; patela articular simple, fragmento osteocondral distal	7.24
34B2	Fémur y patela; patela articular simple, simple parasagital	
34B2.1	Fémur y patela; patela articular simple, simple parasagital lateral	7.25
34B2.2	Fémur y patela; patela articular simple, simple parasagital medial	7.26
34B3	Fémur y patela; patela articular simple, transversa	7.27
34C	Fémur y patela; patela articular compuesta	
34C1	Fémur y patela; patela articular compuesta multifragmentada	7.28
34C2	Fémur y patela; patela articular compuesta conminuta	

Tabla 7.1 Configuraciones de las fracturas de Fémur y Patela con base en la adaptación de la clasificación Müller AO.

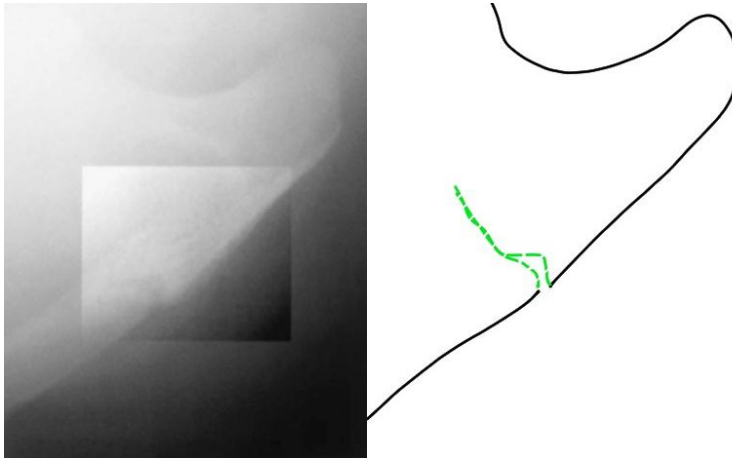


Fig. 7.2 Fractura tipo: 31A1.1 Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, no articular simple de trocánter mayor

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 4 a 6 meses, Tratamiento quirúrgico: fijación interna con tornillos de esponjosa 6,5mm mantenidos en tensión con alambre sujeto al trocánter mayor en caballos de menos de 200 kg.^{50,54}

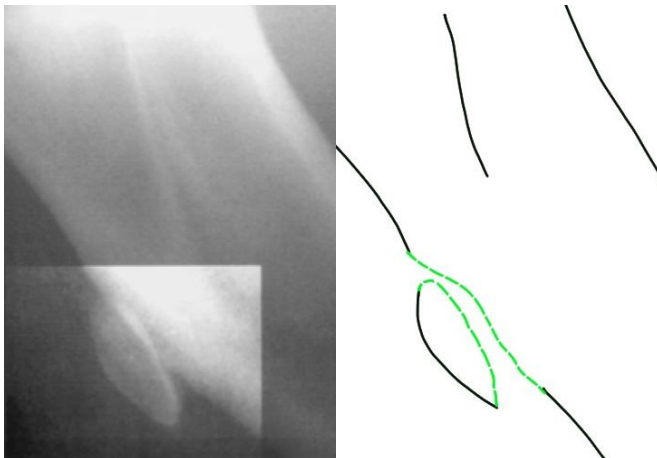


Fig. 7.3 Fractura tipo: 31A1.2 Epífisis proximal del fémur, no articular de tercer trocanter

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por 3 a 6 meses^{2,57}

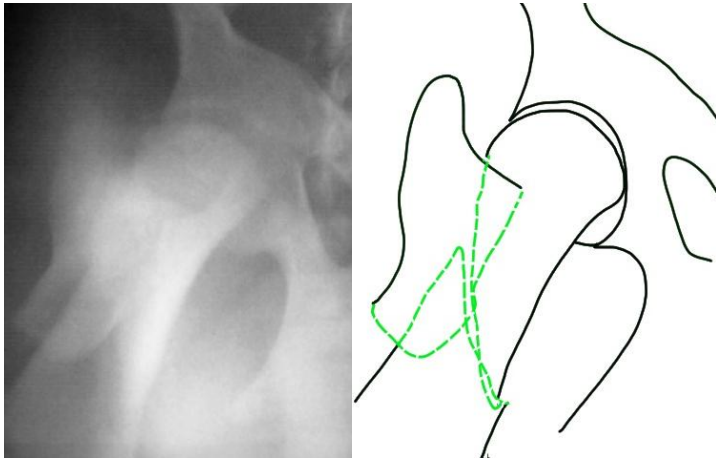


Fig. 7.4 Fractura tipo: 31A2 Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, no articular multifragmentada

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 4 a 6 meses, Tratamiento quirúrgico: fijación interna con tornillos de esponjosa 6,5mm mantenidos en tensión con un cerclaje de alambre sujeto al trocánter mayor, o una placa de compresión dinámica.^{50,54}

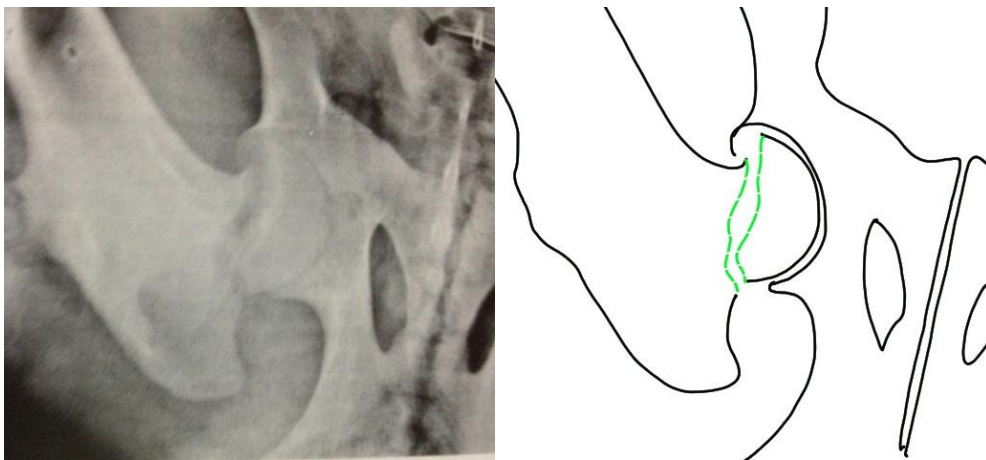


Fig. 7.5 Fractura tipo: 31B2 Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular simple hasta la metafisis

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 4 a 6 meses, Tratamiento quirúrgico: fijación interna con tornillos de esponjosa 6,5mm mantenidos en tensión con cerclaje alambre sujeto al trocánter mayor en caballos ligeros.^{50,54}

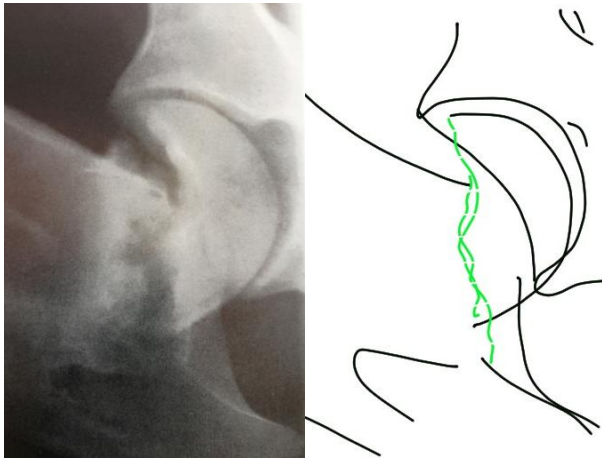


Fig. 7.6 Fractura tipo: 31B3: Fémur y patela; Epífisis proximal del fémur, articular simple más allá de la metafisis

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 4 a 6 meses, Tratamiento quirúrgico: fijación interna con tornillos de esponjosa 6,5mm mantenidos en tensión con un cerclaje de alambre sujeto al trocánter mayor en caballos ligeros.^{2,54}

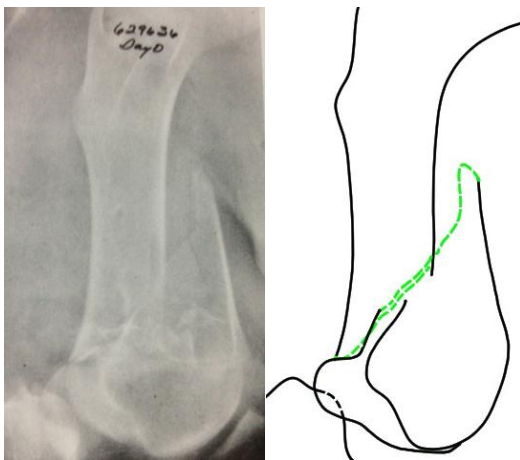


Fig. 7.7 Fractura tipo: 32A1 Diáfisis del fémur simple en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal y lateral bajo la técnica de compresión dinámica y neutralización respectivamente y anclada con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm.^{53,56}

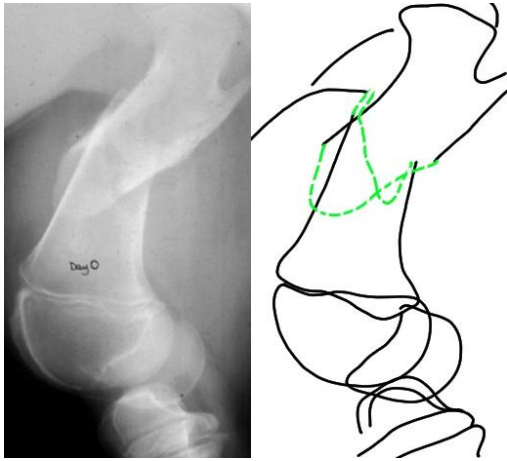


Fig. 7.8 Fractura tipo: 32A2 Diáfisis del fémur simple oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal y lateral bajo la técnica de compresión dinámica y neutralización respectivamente y anclada con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm^{53,56}

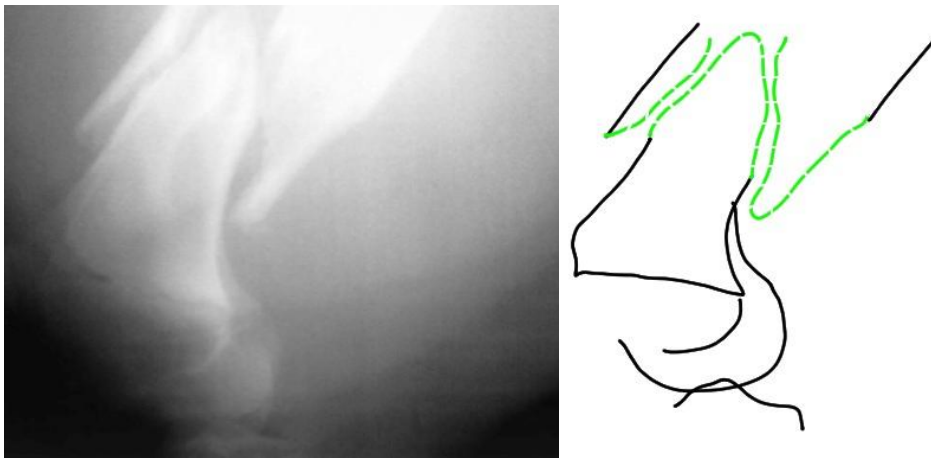


Fig. 7.9 Fractura tipo: 32B1 Diáfisis del fémur multigrafmentada en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal y lateral colocadas bajo la técnica de compresión dinámica y neutralización respectivamente y anclada con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm.

53,56

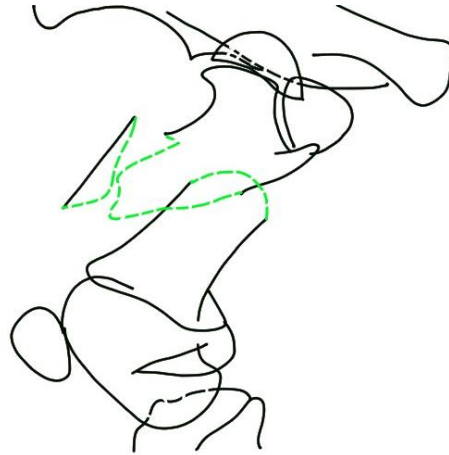


Fig. 7.10 Fractura tipo: 32B2 Diáfisis del fémur multigrafmentada oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal y lateral bajo la técnica de compresión dinámica y neutralización respectivamente y anclada con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm, con el uso adicional de tornillos de cortical 4.5 o 5.0 mm para los fragmentos individuales.^{53,56}

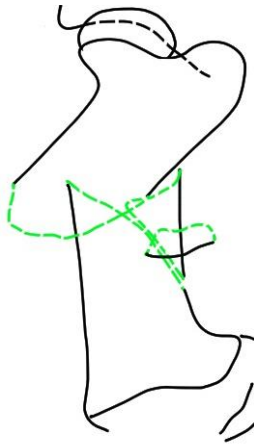
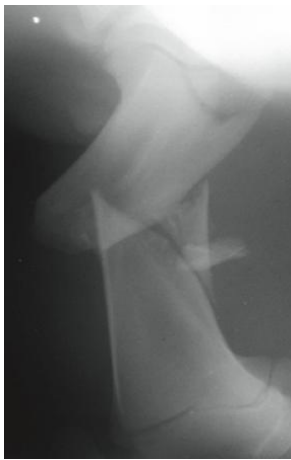


Fig. 7.11 Fractura tipo: 32B3 Diáfisis del fémur multigrafmentada transversa

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal y lateral colocadas bajo la técnica de compresión dinámica y neutralización respectivamente y anclada con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm.

^{53,56}

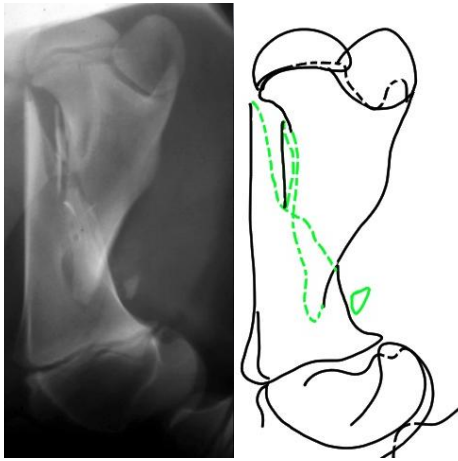


Fig. 7.12 Fractura tipo: 32C1 Diáfisis del fémur, conminuta en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal y lateral bajo la técnica de compresión dinámica y neutralización respectivamente y anclada con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm, con el uso adicional de tornillos de cortical 4.5 o 5.0 mm para los fragmentos individuales.^{53,56}

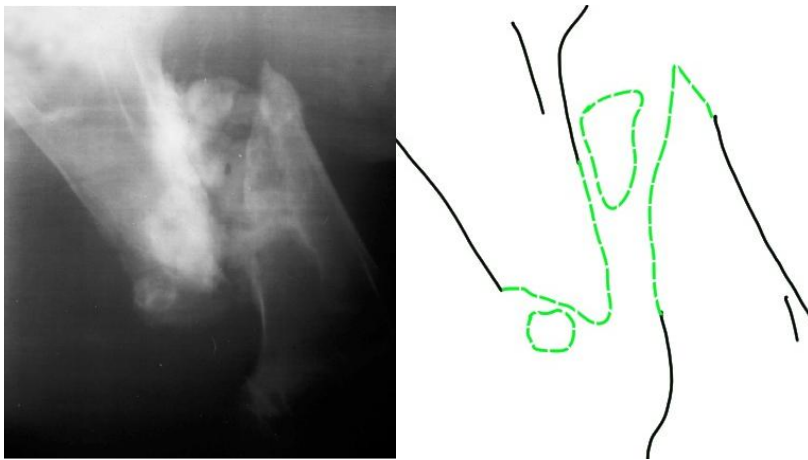


Fig. 7.13 Fractura tipo: 32C2 Diáfisis del fémur, conminuta oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal y lateral bajo la técnica de compresión dinámica y neutralización respectivamente y anclada con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm, con el uso adicional de tornillos de cortical 4.5 o 5.0 mm para los fragmentos individuales.^{53,56}

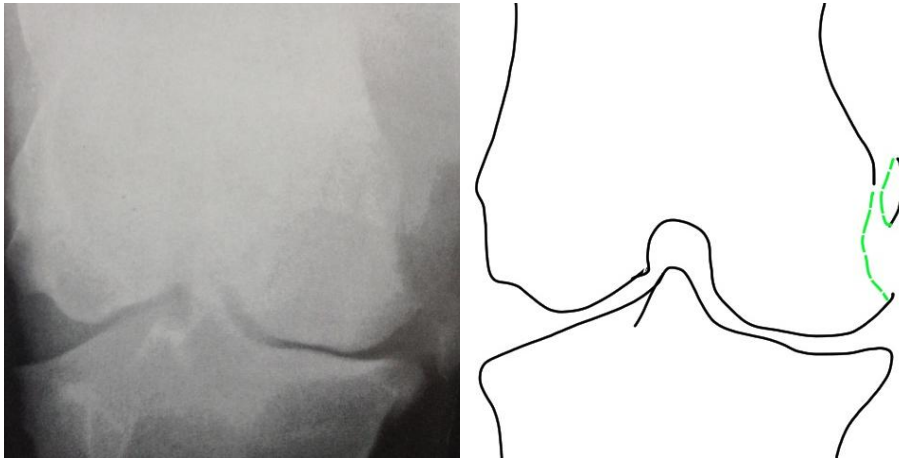


Fig. 7.14 Fractura tipo: 33A1.1 Fémur y patela; epífisis distal, no articular simple epicondilar

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 3 a 6 meses, con ejercicio controlado caminado de mano después del primer mes.^{54.55}

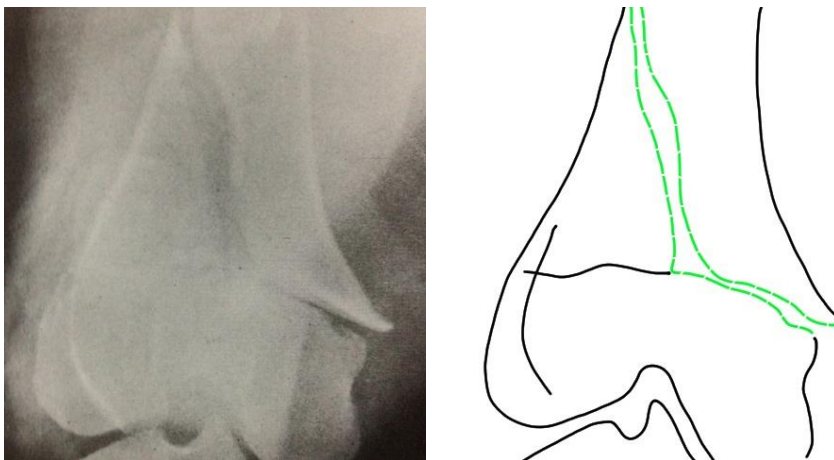


Fig. 7.15 Fractura tipo: 33A1.2 Fémur y patela; epífisis distal, no articular simple supracondilar

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa modelo condilar buttress fijada con tornillos de cortical 5.5 mm, o dos placas de colocadas a 90° una con respecto de otra, la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización.^{54.55}

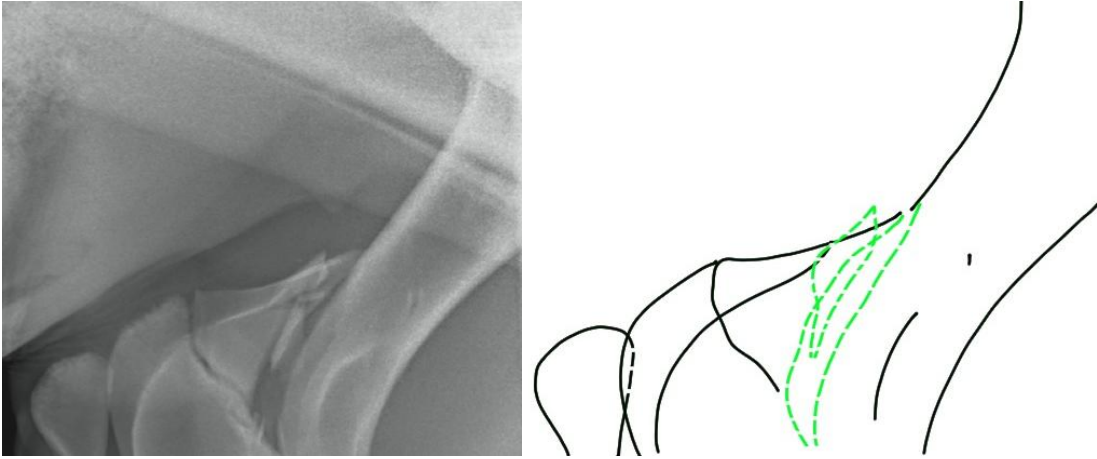


Fig. 7.16 Fractura tipo: 33A2 Fémur y patela; epífisis distal, no articular multifragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa modelo condilar buttress fijada con tornillos de cortical 5.5 mm, o dos placas de colocadas de manera perpendicular una con la otra la primera colocada bajo la técnica de compresivo dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización.^{54.55}

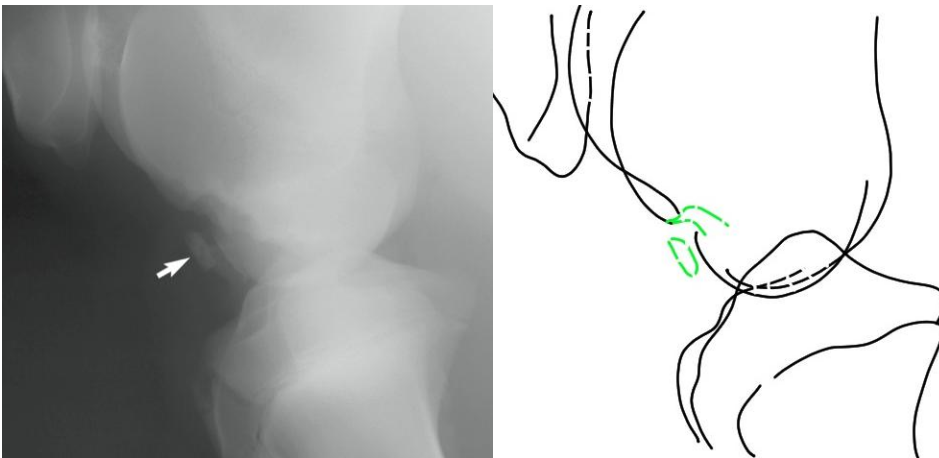


Fig. 7.17 Fractura tipo: 33B1 Fémur y patela; epífisis distal articular simple sin llegar a la metafisis

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción quirúrgica del fragmento por artroscopia.⁵²

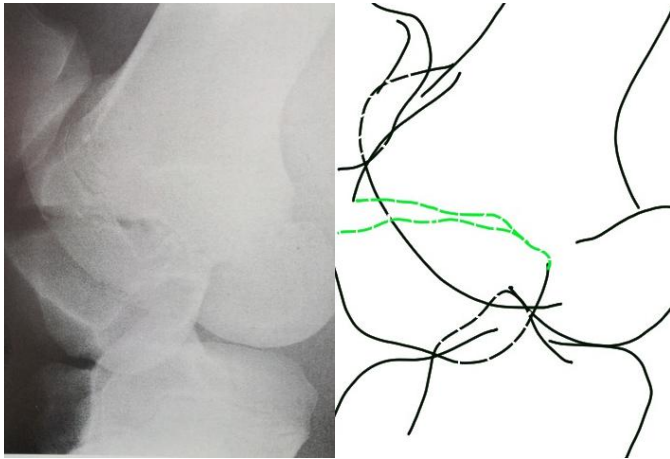


Fig. 7.18 Fractura tipo: 33B2: Fémur y patela; epífisis distal articular simple hasta la metafisis

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa modelo condilar buttress fijada con tornillos de cortical 5.5 mm .^{54.55}



Fig. 7.19 Fractura tipo: 33B3: Fémur y patela; epífisis distal articular simple mas alla de la metafisis

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa modelo condilar buttress fijada con tornillos de cortical 5.5 mm.^{54.55}

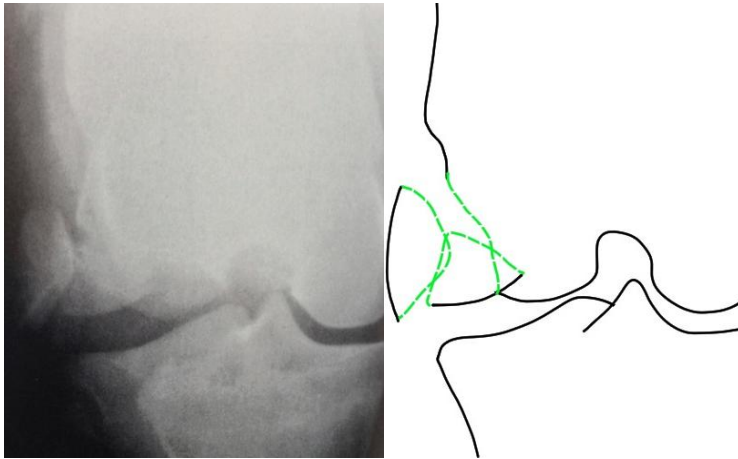


Fig. 7.20 Fractura tipo: 33C2: Fémur y patela; epífisis distal articular compuesta: multifragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa modelo condilar buttress fijada con tornillos de cortical 5.5 mm.^{54.55}

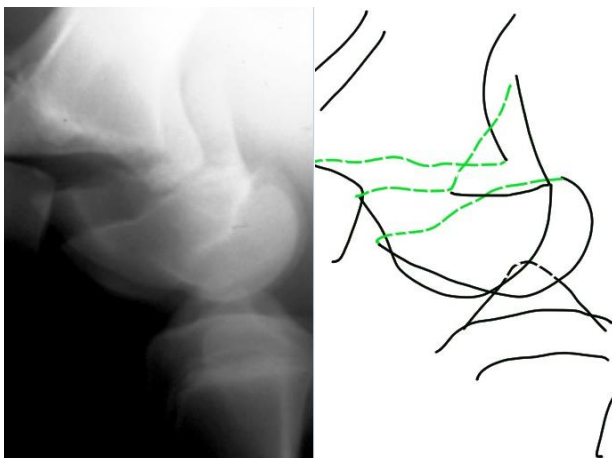


Fig. 7.21 Fractura tipo: 33C3: Fémur y patela; epífisis distal articular compuesta: conminuta

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa modelo condilar buttress fijada con tornillos de cortical 5.5 mm, o dos placas de colocadas de manera perpendicular una con la otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización.^{54.55}

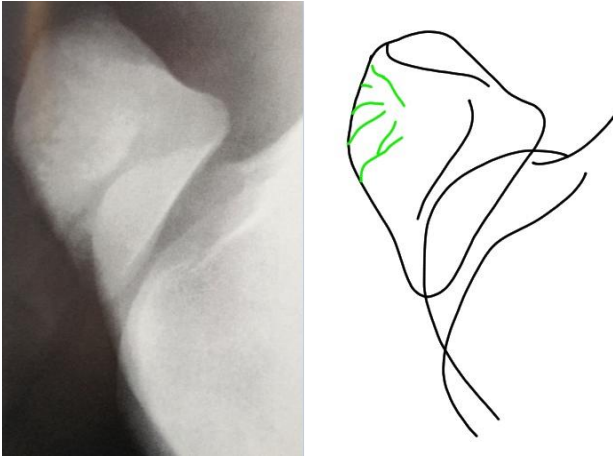


Fig. 7.22 Fractura tipo: 34A2 Patela; no articular conminuta

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 2 a 4 meses con ejercicio controlado después del primer mes.⁵²

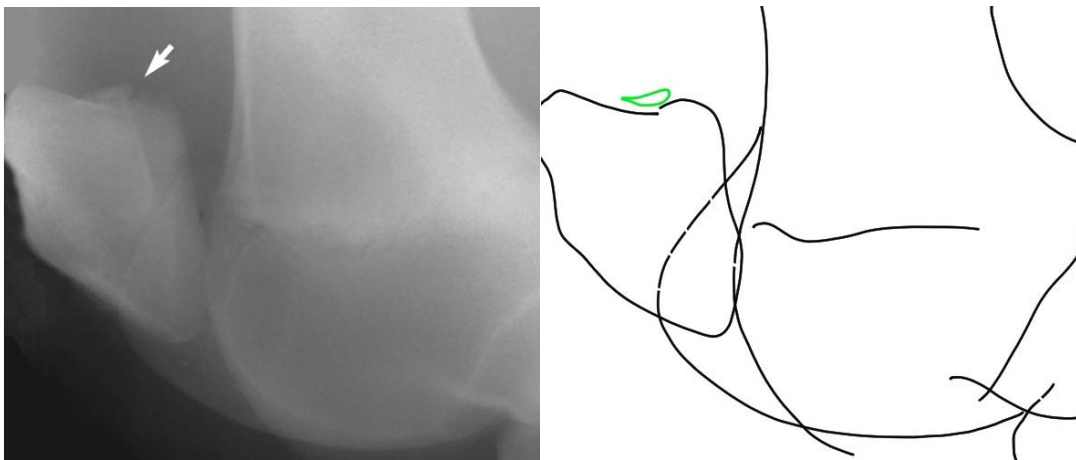


Fig. 7.23 Fractura tipo: 34B1.1 Patela; articular simple, fragmento osteocondral proximal

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 2 a 4 meses con ejercicio controlado después del primer mes, Tratamiento quirurgico extracción quirúrgica del fragmento por artroscopia.⁵²

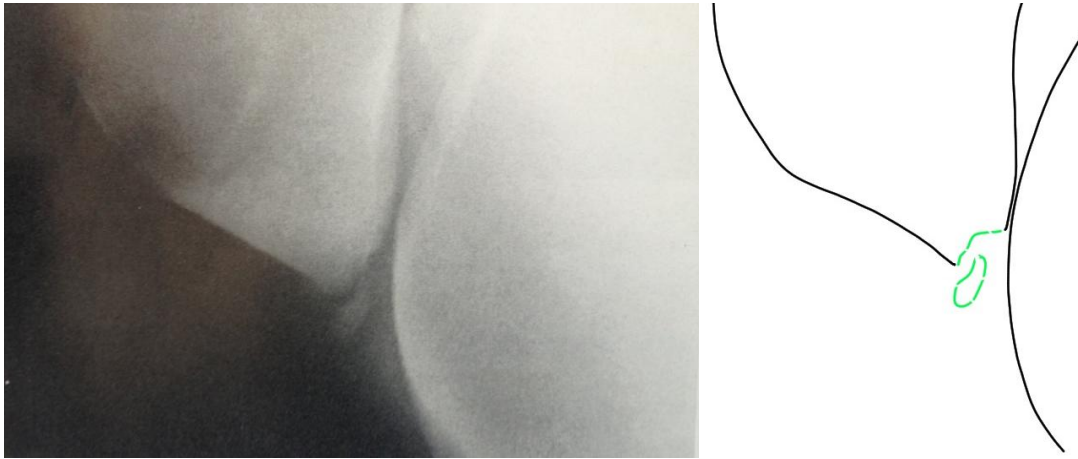


Fig. 7.24 Fractura tipo: 34B1.2 Patela; articular simple, fragmento osteocondral distal

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 2 a 4 meses con ejercicio controlado después del primer mes, Tratamiento quirúrgico: extracción quirúrgica del fragmento ^{2,52}

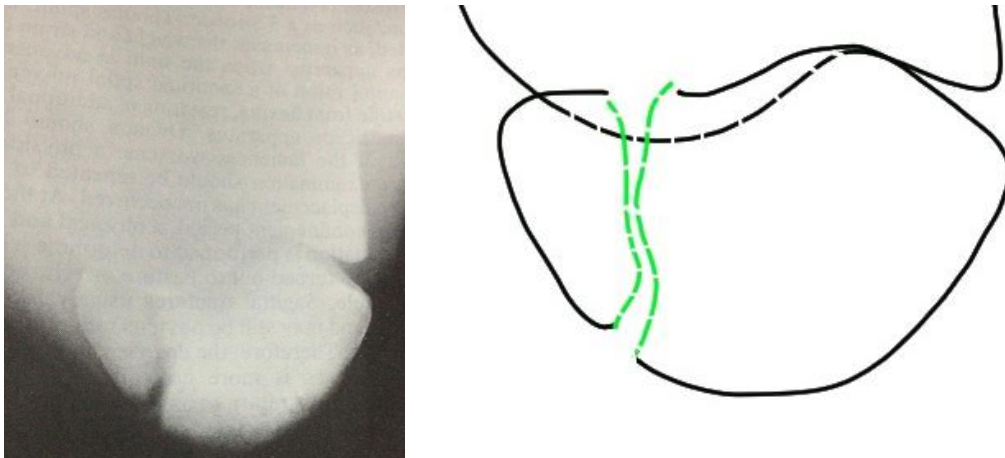


Fig. 7.25 Fractura tipo: 34B2.1 Patela; articular simple, simple parasagital lateral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con uno o dos tornillos de cortical 5.5 mm

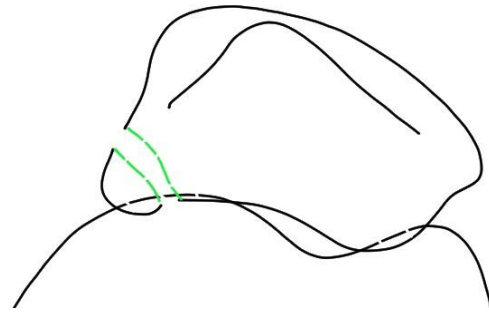
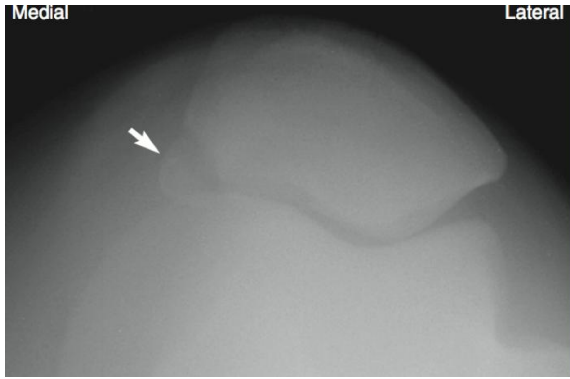


Fig. 7.26 Fractura tipo: 34B2.2 Patela; articular simple, simple parasagital medial
Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo de 2 a 4 meses con ejercicio controlado después del primer mes, extracción quirúrgica del fragmento ^{2,52}

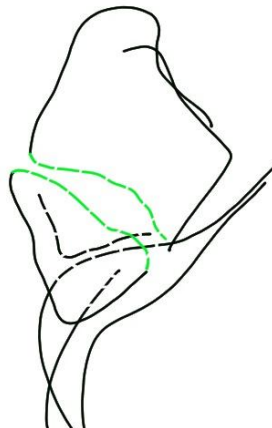
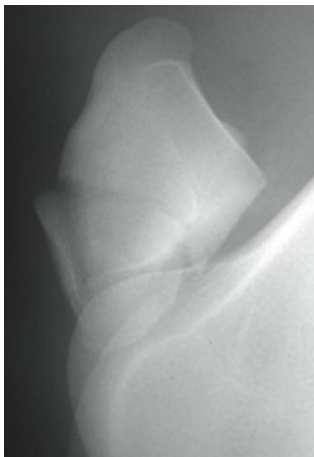


Fig. 7.27 Fractura tipo: 34B3: Patela; articular transversa
Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con tornillos de cortical 5.5 mm o un placa de compresión dinámica. ^{2,52}

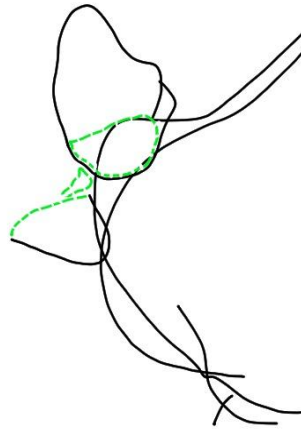


Fig. 7.28 Fractura tipo: 32C1 Patela; articular multifragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con tornillos de cortical 5.5 mm o un placa de compresión dinámica y remoción de los fragmentos no reducibles.^{2,52}

9 Tibia y Fíbula: Región 4

La cuarta región corresponde a la pierna de los équidos compuesta por dos estructuras óseas, estas incluyen la tibia y la fíbula, para realizar la adaptación de esta región se siguieron los principio generales descritos anteriormente, ya que la diferencia anatómica existente entre especies no permite tomar completamente como base la clasificación existente en humanos.

9.1 Anatomía de la tibia y fíbula.

La tibia esta formada por dos extremos terminales diferentes que están unidos por un largo cuerpo. El extremo proximal esta compuesto por tres formaciones básicas un cóndilo lateral y otro medial, además de

la incisura poplítea ubicada caudalmente y que sirve para la ubicación del músculo del mismo nombre. Cada cóndilo presenta una cara articular para la unión con los cóndilos del fémur o la superficie fibrocartilaginosa distal del menisco, entre ambas superficies articulares se ubica centralmente la eminencia intercondilar. La diáfisis o cuerpo de la tibia se encuentra comprimido en dirección craneocaudal y presenta dos estructuras relevantes en su cara anterior el borde craneal que divide la tibia en una cara lateral cubierta de músculos y otra medial libre de ellos. En dirección proximal el borde craneal se vuelve más grueso y forma la prominente tuberosidad de la tibia. El extremo distal presenta una cóclea que esta dividida por una cresta articular central, en ella se articula la tróclea del tarso tibial. En el caballo presenta una protuberancia craneolateral, el maléolo lateral. Su cara medial presenta el maléolo medial.^{62,63} Fig. 8.1

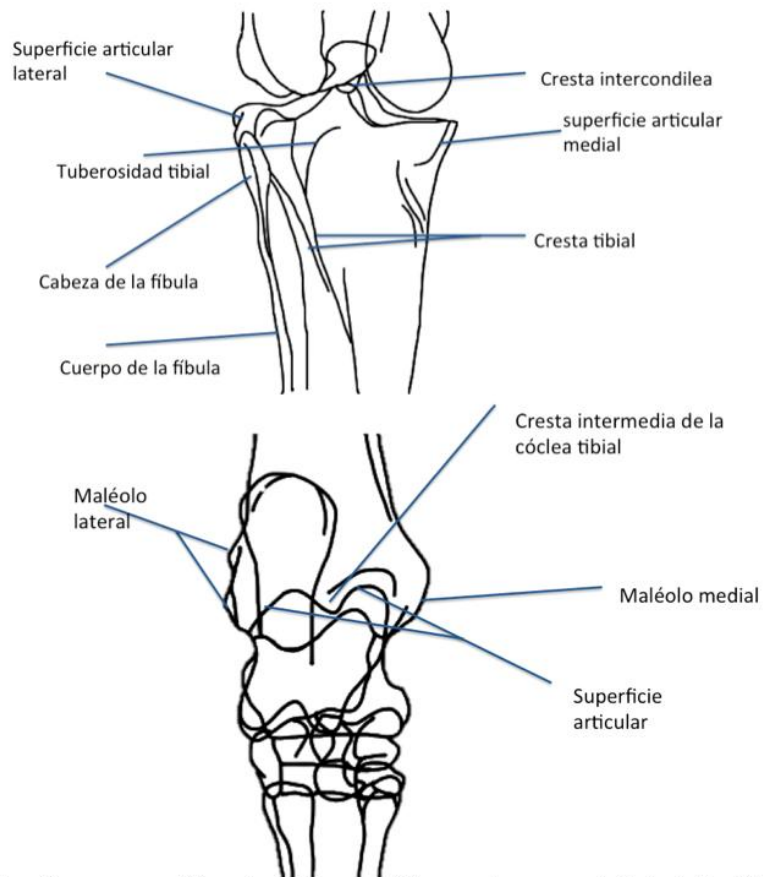


Fig. 8.1 Representación esquemática de la proyección caudo-craneal de babilla (A) y dorso-plantar de tarso (B) mostrando las principales estructuras anatómicas

En la fíbula es posible distinguir una cabeza, un cuello, el cuerpo; la fíbula es una estructura muy sencilla que ha tenido una involución de manera tal que solo se ha desarrollado la mitad superior, cuya cabeza se encuentra unida con la tibia en el cóndilo lateral por una anfiartrosis. Ya durante el periodo embrionario el extremo distal se fusiona con la tibia en el maléolo lateral. En animales jóvenes aun se puede reconocer el centro de osificación por radiología, aunque este hueso presenta variaciones normales. Fig 8.2

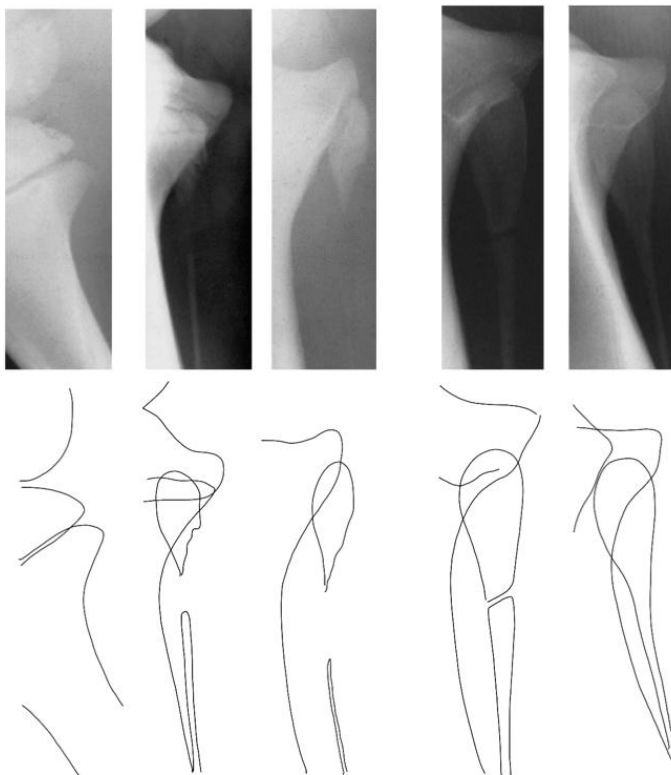


Fig. 8.2 Proyección caudomedial-cráneolateral de la fíbula de distintos caballos que muestra las variaciones normales más comunes.

9.2 Fracturas de tibia.

Las fracturas tibiales tienen una incidencia parecida a las ocurridas en otros los demás huesos largos del aspecto proximal de los miembros, y del mismo modo que ocurre en las otras regiones las diferencias más evidentes curren entre caballos jóvenes y adultos por la mayor elasticidad de los primeros que los hace ser menos propensos a sufrir fracturas multifragmentadas pero que en la mayoría de las ocasiones involucran las fisis en estos caballos las lesiones se relacionadas a traumatismos externos como una patada, pisadas de las yeguas o durante giros a altas velocidades en pisos de pasto; en animales adultos también existen reportes de fracturas por estrés además de las configuraciones presentes en la mayoría de los huesos largos.^{2,62,63}

El extremo proximal de la tibia los sitios de fractura más comunes son la fisis de la tuberosidad o cresta tibial, la cual se encuentra parcialmente osificada al nacimiento y forma una unión de fibrocartílago con la epífisis durante el segundo año de vida. Esta fisis permanece visible radiográficamente hasta 36 a 42 meses de edad, y puede ser confundida con una fractura. La tuberosidad tibial es relativamente amplia y presenta las inserciones regionales para los 3 ligamentos patelares.^{2,62,63}

Las fracturas ocurren generalmente en el plano frontal como resultado de un traumatismo directo como una patada, golpe con barras en caballos de salto y son las segundas más frecuente en caballos que realizan prueba de tres días, en ocasiones estas fracturas son resultado de una avulsión de cuádriceps debido a una tensión aplicada de manera repentina, en estos casos el desplazamiento del fragmento es en dirección proximal y craneal y integridad del cuádriceps

generalmente permanece intacto. Sin embargo, si el ligamento patelar medio está comprometido, la babilla da la apariencia de estar caída y el caballo puede no estar dispuesto extender la articulación. En estas lesiones es común encontrar una herida abierta y la severidad de la claudicación varía ampliamente.^{2,62,63}

El diagnóstico puede realizarse con el uso de radiografías que incluyan las proyecciones lateromedial y craniomedial oblicua, una de las complicación en la interpretación es cuando existen fracturas con la placa epifisiaria patente y con un desluzamiento mínimo, en estos casos es útil la comparación con el miembro contralateral además de la respuesta a la palpación de miembro supuestamente afectado además de la radiografías el uso del ultrasonido es de utilidad para determinar el daño a los tejidos blando el cual es importante en la toma de decisiones y pronóstico de estos caballos; también el extremo proximal del hueso pueden ocurrir fracturas que involucren la eminencia intercondílea y fracturas en la fisis proximal la cual se encuentra en los potros hasta los 8 meses de edad, la lesión se produce generalmente por trauma directo mientras que el miembro el animal esta apoyado en el miembro o durante la flexión cuando el miembro se encuentra en ambos casos se somete a fuerzas de tensión en valgus produciendo fracturas Salter-Harris tipo II con el fragmento desplazado lateralmente debido al defecto de la rampa en la metafisis proximal lateral en este caso el ultrasonido para la evaluación de tejidos blandos principalmente el ligamento colateral medial es importante para establecer el pronóstico.^{2,62,63}

Las fracturas de la fisis distal son menos comunes que los de la fisis proximal. Estas pueden ser verdaderas fracturas de la fisis o pueden ser prolongaciones de fracturas de la diáfisis; también en el extremo distal de la tibia ocurren fracturas en

los maléolos estando el lateral mayormente involucrados, estas fracturas son resultado en la mayoría de los casos de algún traumatismo o avulsión de los ligamentos colaterales. Para el diagnóstico, las proyecciones dorsolateral y oblicuas son de utilidad para evidenciar la línea de fractura, de la misma manera que en otras fracturas en esta región el uso de la ultrasonografía para evaluar el daño a los ligamentos colaterales y de esta manera evitar una posible luxación o subluxación que empeore el pronóstico.^{2,62,63}

Las fracturas diafisarias generalmente presentan una configuración en espiral y multifragmentada estas fracturas ocurren como consecuencia de las fuerzas de torsión con flexión y compresión de manera combinada. Las fracturas transversales han sido reportadas en potros los signos clínicos de estas fracturas se caracteriza por la incapacidad para soportar peso en la extremidad afectada, una marcada deformidad angular, inflamación de tejidos blandos y crepitación regional pero es importante realizar un diagnóstico radiográfico para definir la configuración de la fractura y formular un plan de tratamiento, ya que fracturas incompletas o no desplazadas son difíciles de diagnosticar; con una claudicación aguda que puede disminuir con el tiempo, el dolor y la inflamación de tejidos blandos a menudo está ausente lo cual dificulta la localización.^{2,62,63}

En el estudio radiográfico puede ser necesario realizar varias tomas oblicuas para demostrar la fractura.

9.3 Fractura de fíbula

Ocasionalmente han sido diagnosticadas fractura de la fíbula en caballos con claudicaciones asociados a la región de la pierna en donde no presentan daño en otras estructuras, sin embargo es importante considerar que a menudo lo que parece ser una fractura en la fíbula es meramente un defecto en la unión de los segmentos proximales y distales lo cual puede ser corroborado con radiografías del miembro contralateral. No obstante las fracturas de esta estructura pueden ocurrir ocasionalmente. ^{2,65,66}

Tibia y fíbula		
Código	Descripción	Figura
4	Tibia y fíbula	
41	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia	
41A	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular	
41A1	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular simple	
41A1.1	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular simple por estres	8.3
41A1.2	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular simple diafisiaria	8.4
41A1.3	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular simple diafisiaria y metafisiaria	8.5
41A2	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular multifragmentada	8.6
41A3	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular conminuta	
41B	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular simple	
41B1	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis	
41B1.1	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis en la cresta intercondilea	8.7
41B1.2	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis en la cresta tibial	8.8
41B2	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular	8.9

	simple hasta la metafisis	
41B3	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; mas alla de la metafisis	
41C	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular compuesta	
41C1	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular compuesta: única en la articulación con metafisis multifragmentada	
41C2	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular compuesta: multifragmentada	
41C3	Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular compuesta: conminuta	
42	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia	
42A	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia simple	
42A1	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia simple en espiral	8.10
42A2	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia simple oblicua	8.11
42A3	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia simple transversa	8.12
42B	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia multifragmentada	
42B1	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia multifragmentada en espiral	8.13
42B2	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia multifragmentada oblicua	8.14
42B3	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia multifragmentada transversa	
42C	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia conminuta	
42C1	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia conminuta en espiral	8.16
42C2	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia conminuta oblicua	
42C3	Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia conminuta transversa	8.17
43	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia	
43A	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; no articular	
43A1	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; no articular simple	8.18
43A2	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; no articular multifragmentada	
43A3	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; no articular conminuta	
43B	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis	
43B1	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis	8.19
43B2	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular simple hasta la metafisis	8.20
43B3	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular simple	

	más allá de la metafisis	
43C	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular compuesta	
43C1	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular compuesta: única en la articulación con la metafisis multifragmentada	
43C2	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular compuesta: multifragmentada	
43C3	Tibia y fíbula: epífisis distal de la tibia; articular compuesta :conminuta	
44	Tibia y fíbula: fíbula	
44A	Tibia y fíbula: fíbula parte proximal	
44A1	Tibia y fíbula: fíbula parte proximal simple	8.21
44B	Tibia y fíbula: fíbula parte media	
44B1	Tibia y fíbula: fíbula parte media simple	8.22
44B2	Tibia y fíbula: fíbula parte media multifragmentada	8.23
44C	Tibia y fíbula: fíbula parte distal	
44C1	Tibia y fíbula: fíbula parte distal simple	8.24

Tabla 8.1 Configuraciones de las fracturas de Tibia y Fíbula con base en la adaptación de la clasificación Müller AO.

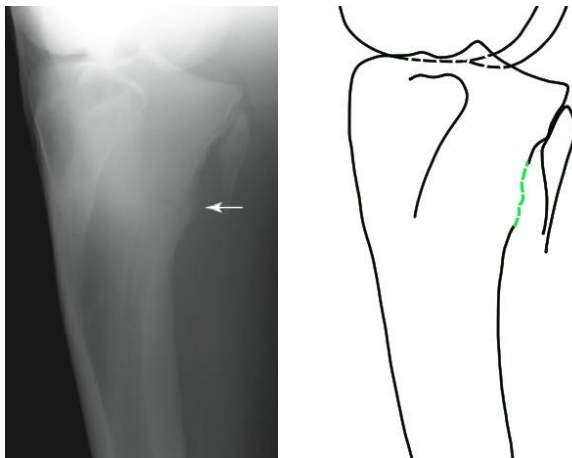


Fig. 8.3 Fractura tipo: 41A1.1: Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular simple por estres

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza por 1 a 3 meses con ejercicio controlado, que incremente de intensidad paulatinamente si los signos no recurren⁶⁷

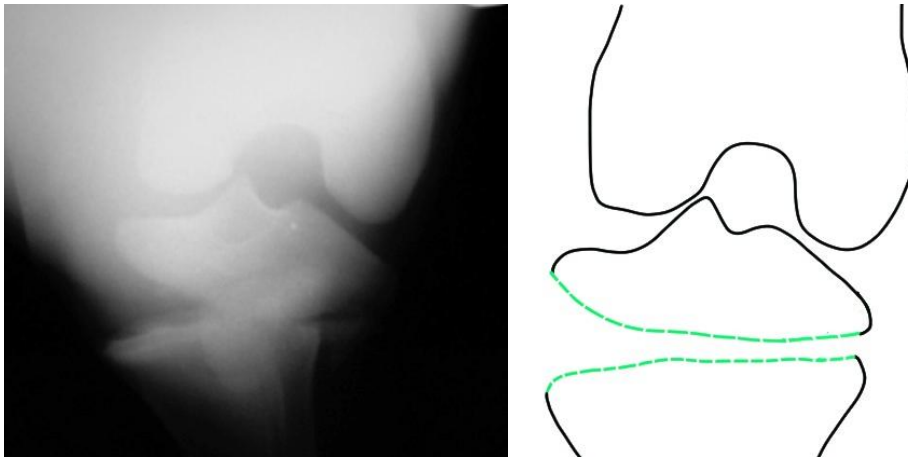


Fig. 8.4 Fractura tipo: 41A1.2: Tibia y fibula: epífisis proximal de la tibia; no articular simple diafisiaria

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando un placa de compresión dinámica o un placa en T, colocando uno o dos tornillos de cortical 4.5 mm en la epífisis proximal.⁶²

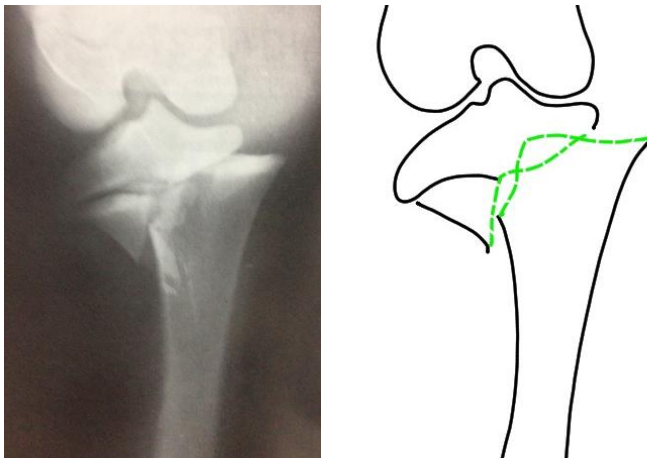


Fig. 8.5 Fractura tipo: 41A2.2 Epífisis proximal de la tibia no articular simple

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa en T o en L, y el uso adicional de alambre en la cresta tibial⁶⁷

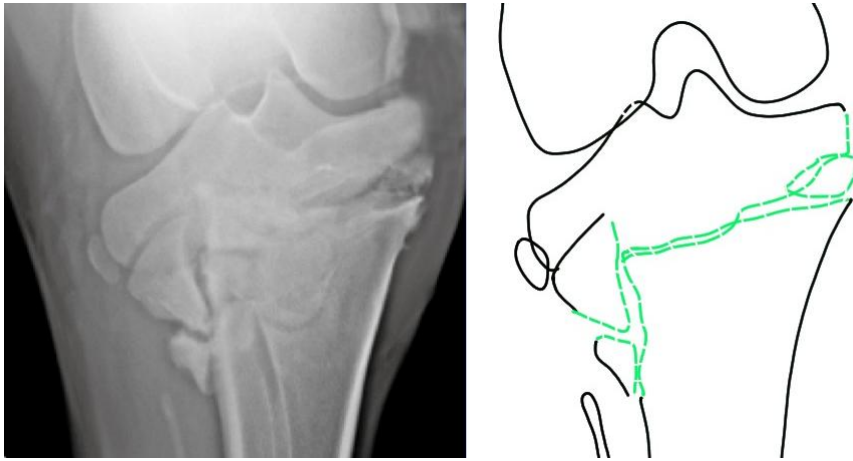


Fig. 8.6 Fractura tipo: 41A1.3 Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; no articular multifragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con un placa en T o en L, y el uso adicional de alambre en la cresta tibial⁶²



Fig. 8.7 Fractura tipo: 41B1.1 Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis en la cresta intercondilea

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción quirúrgica del fragmento mediante artroscopía⁶²

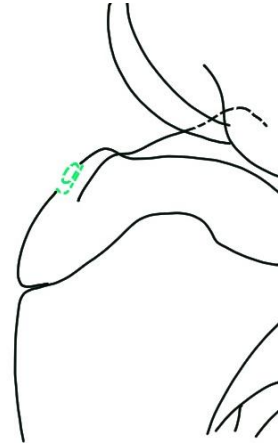


Fig. 8.8 Fractura tipo: 41B1.2 Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis en la cresta tibial

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza por 1 a 3 meses con ejercicio controlado.⁶²

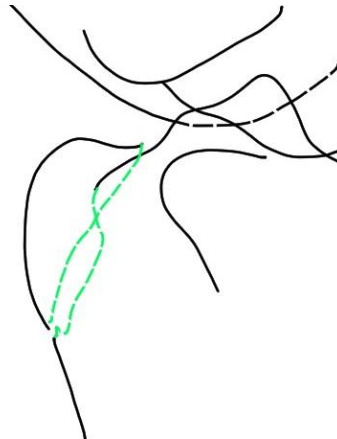


Fig. 8.9 Fractura tipo: 41B2 Tibia y fíbula: epífisis proximal de la tibia; articular simple hasta la metafisis

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza por tres a cinco meses. Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando un placa y tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm para disminuir la tensión de los ligamentos patelares^{2,62}

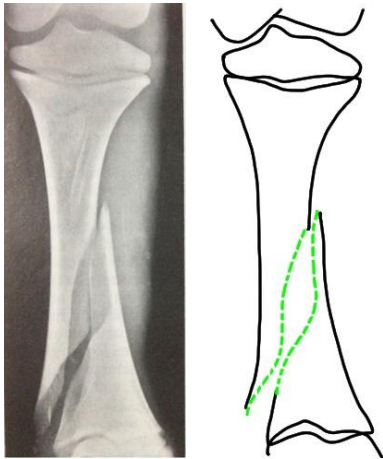


Fig. 8.10 Fractura tipo: 42A1 Diáfisis de la tibia simple en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando dos placas colocadas perpendicular una de otra la primera bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm^{64,69,70,}

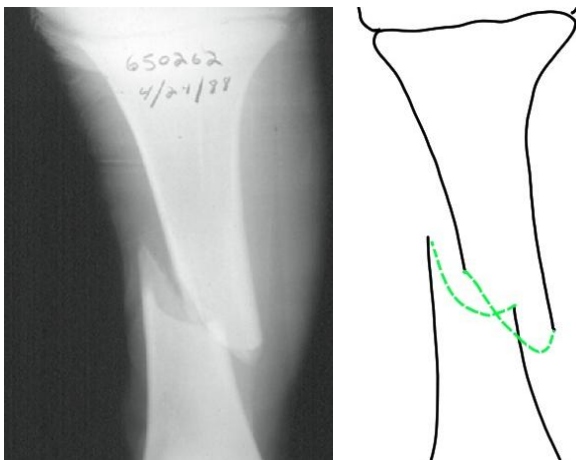


Fig. 8.11 Fractura tipo: 42A2 Diáfisis de la tibia simple oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando dos placas colocadas perpendicular una de otra la primera bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm^{2,62,63}

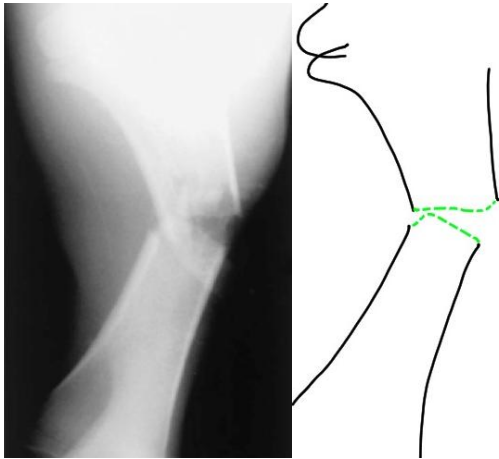


Fig. 8.12 Fractura tipo: 42A3 Diáfisis de la tibia simple transversa

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando dos placas colocadas perpendicular una de otra la primera bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm^{2,62,63}

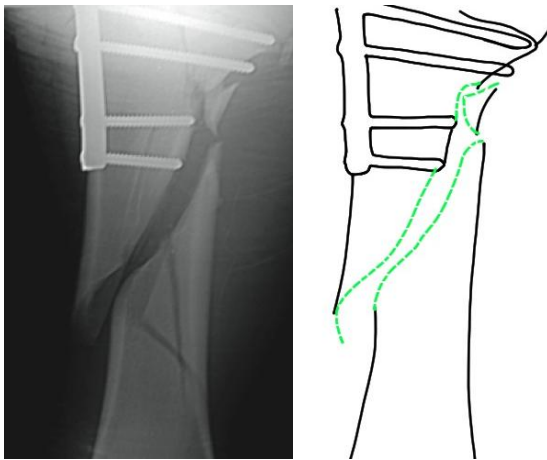


Fig. 8.13 Fractura tipo: 42B1 Diáfisis de la tibia multifragmentada en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando dos placas colocadas perpendicular una de otra la primera bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm^{2,62,63}

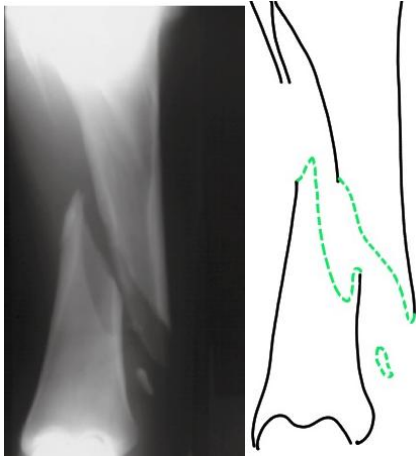


Fig. 8.14 Fractura tipo: 42B2 Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia multifragmentada oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando dos placas colocadas perpendicular una de otra la primera bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm⁶⁸

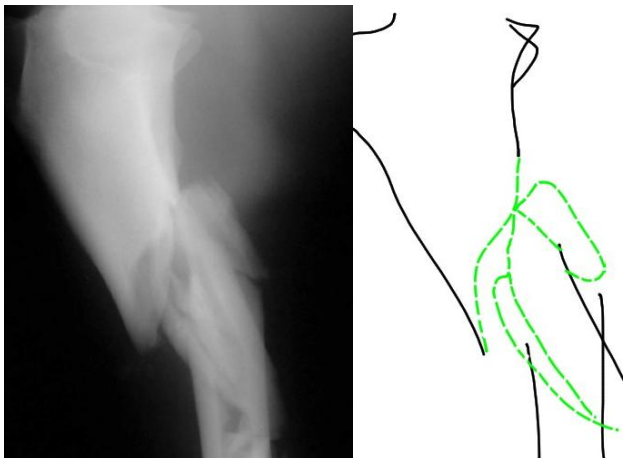


Fig. 8.16 Fractura tipo: 42C1 Tibia y fíbula: diáfisis de la tibia conminuta en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando dos placas colocadas perpendicular una de otra la primera bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm⁶⁸

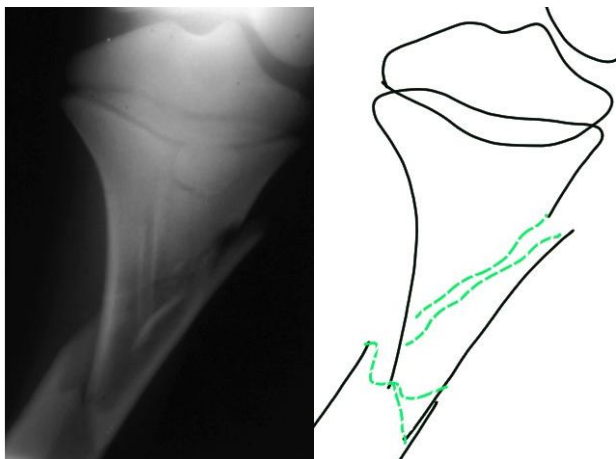


Fig. 8.16 Fractura tipo: 42C2 Tibia y fibula: diáfisis de la tibia conminuta oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando dos placas colocadas perpendicular una de otra la primera bajo la técnica de compresión dinámica y la segunda bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm^{2,62,63}

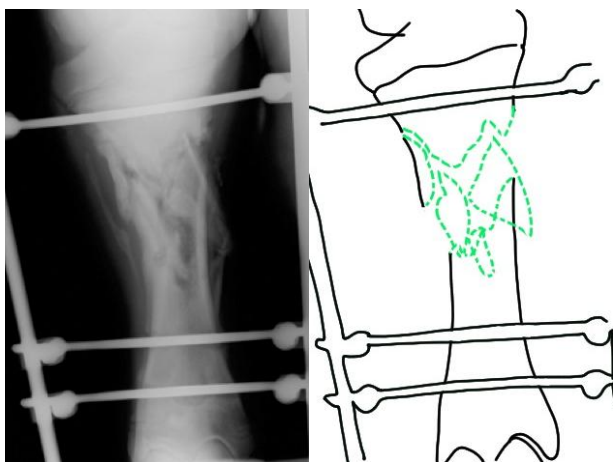


Fig. 8.17 Fractura tipo: 42C3 Diáfisis de la tibia conminuta transversa

Indicación: Tratamiento médico : fijación externa con una férula de Thomas. Tratamiento quirúrgico fijación externa con un fijador externo (aparato de Kishner).^{2,62,63}

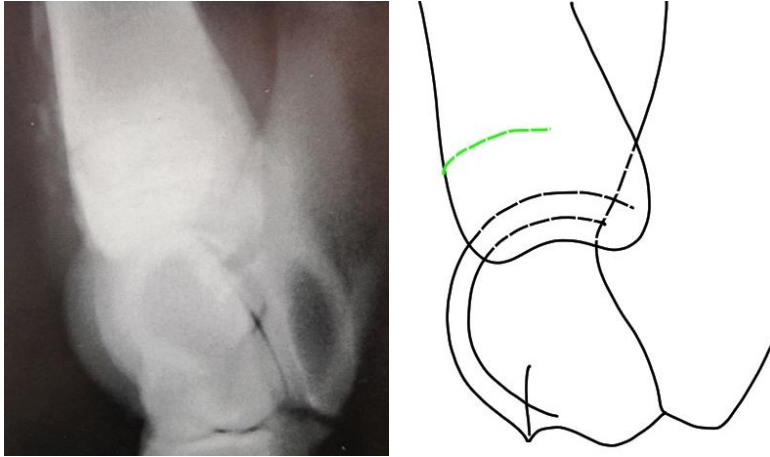


Fig. 8.18 Fractura tipo: 43A1 Epífisis distal del la tibia no articular simple

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza de dos a tres meses,^{2, 66}

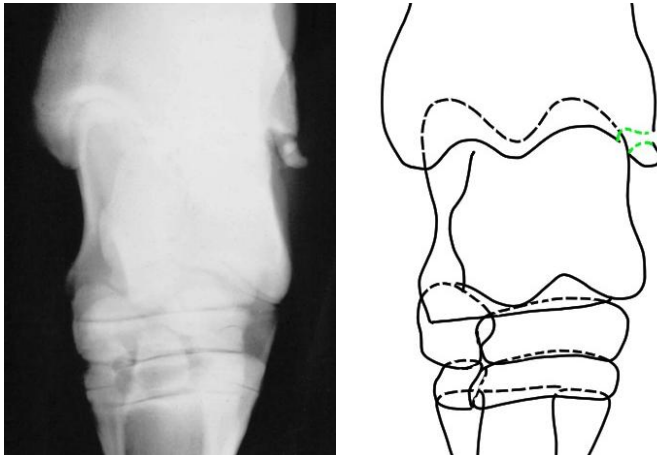


Fig. 8.19 Fractura tipo: 43B2 Tibia y fibula: epífisis distal de la tibia; articular simple sin llegar a la metafisis

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza de dos a tres meses,
 Tratamiento quirúrgico: la remoción por artroscopía del fragmento⁷¹⁻⁷³

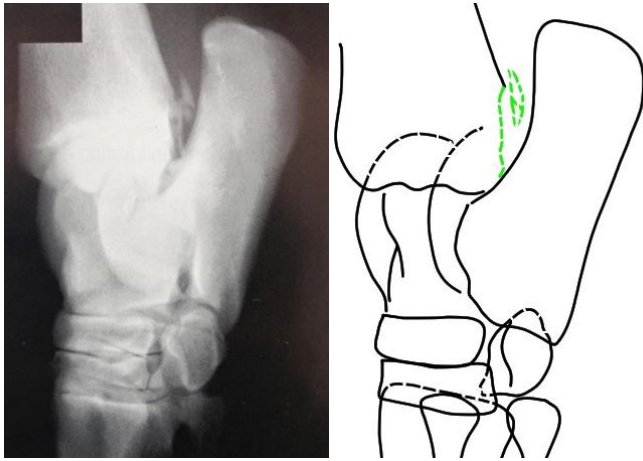


Fig. 8.20 Fractura tipo: 43B1 Tibia y fibula: epífisis distal de la tibia; articular simple hasta la metafisis

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza de dos a tres meses,
Tratamiento quirúrgico: la remoción por artroscopía del fragmento.⁷¹⁻⁷³

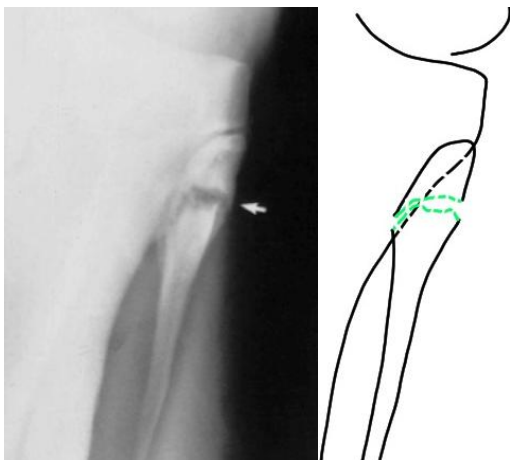


Fig. 8.21 Fractura tipo: 44A1 Fíbula en parte proximal simple

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza, por al menos un mes y evaluar para identificar signos y correlación con los hallazgos radiográficos.^{2,33}

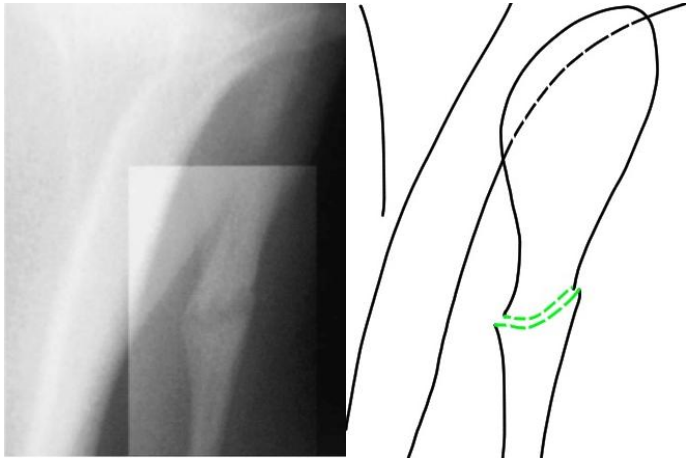


Fig. 8.22 Fractura tipo: 44B1 Fíbula en su parte media simple

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza, por al menos un mes y evaluar para identificar signos y correlación con los hallazgos radiológicos. ^{2,33}

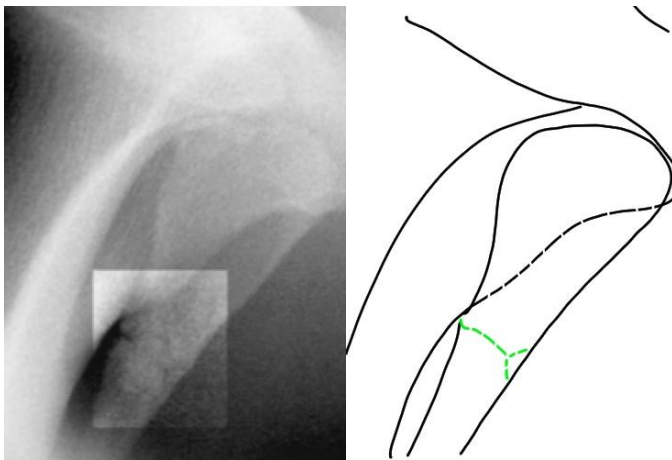


Fig. 8.23 Fractura tipo: 44B2 Fíbula en su parte media multifragmentada

Indicación: Tratamiento médico : descanso en caballeriza, por al menos un mes y evaluar para identificar signos y correlación con los hallazgos radiológicos ^{2,33}

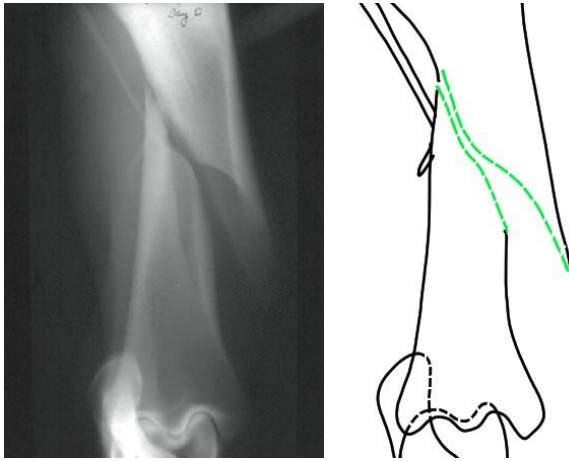


Fig. 8.24 Fractura tipo: 44C1 Fíbula en su parte distal simple con 42A1

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción del fragmento y reparación de la fractura concomitante⁶⁸

10 Metacarpos/Metatarsos y Sesamoideos Proximales: Región 7

Esta región que en los caballos corresponde a la caña y está compuesta por 5 estructuras óseas las cuales son el segundo, tercero y cuarto metacarpiano/metatarsiano y los sesamoideos proximales, uno lateral y uno medial. Existen una gran diferencia con la clasificación utilizada por AO debido a las diferencias anatómicas entre especies, sin embargo esta región en los équidos bien puede clasificarse según los criterios de la clasificación Müller AO de fracturas de hueso largos, pudiendo incluir todas las estructuras mencionadas tal como se hace en las regiones del brazo y pierna en humanos que incluyen radio-ulna y tibia-fíbula dentro de un mismo bloque.

10.1 Anatomía de los metacarpos/metatarsos y huesos sesamoideos proximales

En el caballo, como perisodáctilo, solo se ha desarrollado el III metacarpiano/metatarsiano como hueso principal y que sostiene todo el peso, mientras que el II y IV permanecen como vestigios y el I y V no existen; comparten un patrón estructural que presenta un extremo proximal o base con una superficie articular para la fila distal de los carpos y tarsos respectivamente y otra para la articulación con los metacarpianos/metatarsianos vecinos. La diáfisis o cuerpo del III Mc/Mt no presenta eminencias óseas relevantes y con el foramen nutricio ubicado aproximadamente a la mitad del hueso, mientras que el II y IV permanecen como huesos estiloides que se adelgazan hasta su extremo distal donde finalizan aproximadamente en el segundo tercio del III Mc/Mt. El extremo

distal o cabeza posee un tróclea para la unión con la primera falange del dedo.²

Fig. 9.1

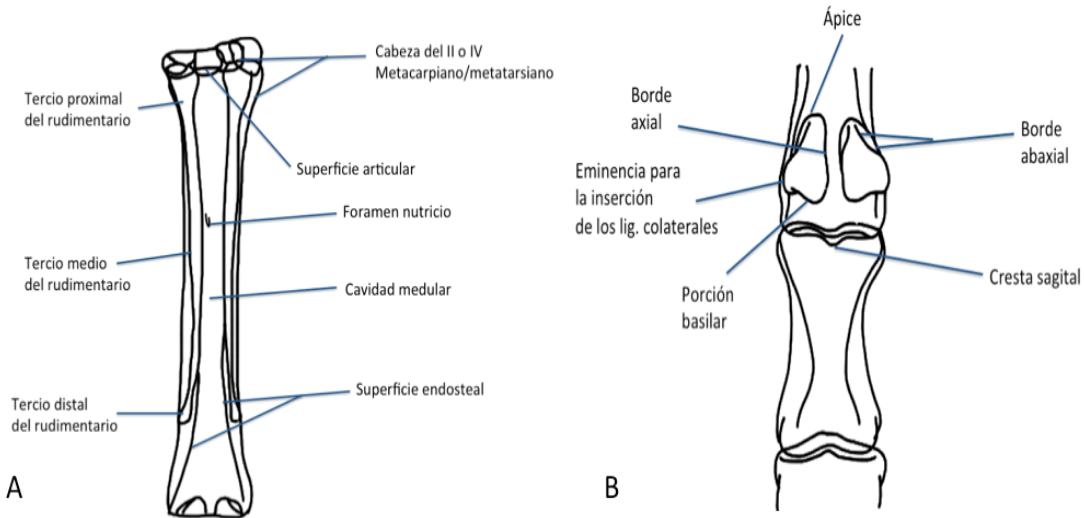


Fig. 9.1 Representación esquemática de la proyección dorso-palmar/plantar de la región de la caña (A) y Dorso- palmar/plantar de la región del menudillo (B).

10.2 Fracturas del tercer metacarpo / metatarso

Las fracturas del tercio medio de esta estructura se presentan comúnmente en todas las edades y razas, pero es más común en los animales jóvenes, esta región es particularmente susceptible debido a la ubicación distal y los pocos tejidos blandos que cubren el hueso para ayudar a absorber la energía liberada por el trauma. Aunque las fracturas de hueso de la caña pueden asumir una variedad de configuraciones, que van desde una simple fisura a gravemente multifragmentadas, los animales jóvenes tienden a sufrir fracturas simples, posiblemente debido a que es un hueso más elástico y menos frágil y por lo tanto menos propenso a fracturas; las cuales pueden ocurrir en cualquier parte a lo

largo de la longitud y puede involucrar tanto la articulación proximal como la distal. Las fracturas que afectan las fisis de crecimiento son más comunes en la porción distal que en la proximal.^{74,75}

Debido a la mínima cobertura de tejidos blandos, las fracturas son normalmente expuestas, desde un inicio o se exponen rápidamente después de la lesión, es importante resaltar que estas fracturas ocurren de manera simultánea con la de los pequeños huesos metacarpianos. Las fracturas por estrés del metacarpo y metatarso en caballos de carreras que puede progresar hasta una fractura completa.^{74,75}

Las fracturas ocurren debido a un trauma externo en cualquier forma, las lesiones que con frecuencia se informan por parte de los clientes incluyen patadas, lesiones relacionadas con irregularidades del suelo, vallas o guardaganado, caídas, resbalones sobre el hielo, y accidentes relacionados con vehículos. La propagación de las fracturas por estrés, es la causa menos común, también se ha reportado la propagación a través de los agujeros de los tornillos durante las reparaciones de una fractura anterior.^{75,76}

Los signos clínicos y diagnóstico de fracturas completas no desplazadas pueden ser difíciles de diagnosticar, inicialmente la claudicación puede ser inespecífica y variable. En la inspección puede mostrar inflamación de los tejidos blandos que recubren la fractura y dolor a la palpación. Esta inflamación y dolor son más difusas que con las fracturas por estrés y a menudo una herida en el lugar del impacto esta presente. El diagnóstico se puede retrasar si la lesión en tejidos blandos es evidente debido a que la cojera suele asociarse a esta. Como la claudicación persiste o empeora, se opta por realizar una evaluación radiográfica

con varias tomas que puede revelar las líneas de fractura, cuando no es así en una evaluación posterior a menudo se observa hueso de nueva formación en los sitios de salida cortical y la resorción del hueso en la línea de fractura que parece ensanchar la fractura.^{74,75,77}

En las fracturas completas, el diagnóstico es sencillo, éstas generalmente presentan una deformidad angular del miembro, junto con una claudicación severa 5/5. En todos los casos, estas fracturas deben ser inmovilizadas inmediatamente y eventualmente evaluadas con radiografiadas para identificar el tipo y ubicación en relación a las superficies articulares. El miembro debe no ser manipulado excesivamente porque esto puede conducir a la penetración de fragmentos de hueso a través de la piel.^{74,78}

Las Fracturas de los cóndilos ocurren con mayor frecuencia en las carreras de Pura Sangre, Standardbreds y ocasionalmente en caballos de Polo; estas pueden ser incompleta no desplazadas, completa no desplazadas y completa desplazadas; ocurren frecuentemente en miembros torácicos y cóndilos laterales ya que el daño a la superficie articular se produce rápidamente en una fractura desplazada por lo cual es esencial una inmovilización y reparación inmediata si esto es posible.⁷⁹

Las fracturas condilares son más comunes en miembros pélvicos en Standardbreds y son más propensas a propagarse proximalmente o progresar a ser una fractura completa en "Y" incluso con el animal en confinamiento y con el miembro inmovilizado.⁷⁹

La etiología incluye traumas generados bajo altas cargas compresivas, y la rotación longitudinal. Los signos clínicos pueden variar y van desde una

claudicación leve 2/5 de acuerdo con la AAEP que se ve agravada por el ejercicio con pocos signos de inflamación en fracturas no desplazadas e incompletas, hasta una claudicación severa 5/5 de acuerdo con la AAEP con una evidente inflamación en fracturas desplazada, en la mayoría de los casos existe efusión en el menudillo la flexión y la rotación de los menudillos suelen causar dolor suficiente para ocasionar que el animal retire la extremidad. El diagnóstico puede realizarse con base en los hallazgos radiográficos.^{74,75}

10.3 Fracturas de II y IV metacarpo/metatarso

Las fracturas de estos huesos pueden ocurrir en cualquier lugar a lo largo de su longitud, pero se encuentran más comúnmente en el tercio distal como fracturas simples, en contraste con las fracturas de la porción proximal y media, que a menudo son multifragmentas, suelen ocurrir en caballos adultos como resultado de la disminución de flexibilidad en el ligamento interóseo y los programas de entrenamiento más intenso.^{80,81}

La etiología de estas fracturas es distinta en cada porción, de forma tal que las ubicadas en la parte distal resultan en un trauma externo e interno. Los traumatismos externos pueden ser por la patada de otro caballo, interferencias del mismo caballo, golpes directos contra algún objeto y trauma interno que se produce de las fuerzas de compresión axial creciente en estos huesos durante las carreras o de presión del ligamento suspensor.⁸¹

Las fracturas de la parte proximal resultan por trauma directo, estas son a menudo abiertas y en muchos casos suelen ser seguidas de osteomielitis cuando no se

tratan oportunamente.⁸²

En la inspección, la inflamación es evidente en las fracturas proximales pero puede o no puede estar presente en las distales. El uso de radiografías es necesario para un diagnóstico definitivo así como para diferenciar entre una fractura y una exostosis de estos huesos ya que es una patología comúnmente encontrada en estas estructuras.^{2,83}

10.4 Fracturas de sesamoideos proximal

Las fracturas de los huesos sesamoideos proximales son lesiones comunes en carreras de Pura sangre ingles, Standardbreds y Cuartos de Milla, estas pueden tomar diversas configuraciones y combinaciones de estas. Los miembros torácicos son afectados con mayor frecuencia en el pura sangre y el caballo cuarto de milla, mientras que los miembros posteriores son afectados con mayor frecuencia en el Trotón, la mayoría de estas fracturas ocurren como consecuencia de la tracción del ligamento suspensor en dirección proximal y los ligamentos sesamoideos distales en la dirección contraria^{2,84}

Las fracturas de la porción apical del hueso sesamoideo es la configuración más común y comprende más de 88% de las fracturas sesamoideos; son con frecuencia articulares y simples involucrando generalmente menos de un tercio del hueso.⁸⁴

Las fracturas basilares son menos comunes, aproximadamente 6% de las fracturas en sesamoideos en Standardbreds. Representan una avulsión asociada con los ligamentos sesamoideos distales y pueden ser multifragmentadas. Estas

fracturas son más comunes en el pura sangre que en el Standardbred.^{84,85}

La fractura abaxial es una fractura poco frecuente (3%) en Standardbreds, pero puede ser más común en Pura sangre y Cuarto de Milla. Estas fracturas pueden ser difíciles de diagnosticar y pueden requerir una proyección tangencial adicional en el examen radiográfico para identificar su ubicación exacta, o pueden ser identificados en a toma dorsopalmar.^{2,84}

La fractura transversa del cuerpo medio es vista con mayor frecuencia en pura sangre, Standardbreds adultos y Potros menores de 2 meses. Estas fracturas separan el hueso en porciones aproximadamente iguales e involucran invariablemente a la articulación del menudillo a diferencia de las tres configuraciones anteriores que pueden o no ser articulares. Esta se encuentran desplazadas en la mayoría de los casos, incluso cuando uno solo de los sesamoideos esta involucrado.^{2,85}

La causa de fracturas de hueso sesamoideo proximal son fuerzas de tracción excesivas y traumatismo directo al hueso. La extensión del menudillo es mayor al final de una carrera debido a la fatiga de los músculos de los flexores digitales que soportan el menudillo. Esta fatiga muscular se ilustra más claramente cuando sucede en potros jóvenes.⁸⁶

En el caso de trauma directo puede causar fracturas conminutas y fracturas de cuerpo medio. Este trauma directo puede ocurrir cuando el menudillo desciende hasta el suelo. También es posible que un miembro posterior haga contacto con el sesamoideo del miembro anterior, provocando la fractura y a menudo una herida. El hueso sesamoideo medial se ve más frecuentemente involucrado cuando la causa es este tipo de interferencia.⁸⁵

Los huesos sesamoideos experimentan una gran resorción ósea cuando el menudillo es inmovilizado como parte del tratamiento a una patología previa lo cual lo vuelve más susceptible a sufrir una fractura al regresar a la actividad deportiva.⁸⁷

Metacarpos/metatarsos y sesamoideos proximales		
Código	Descripción	Figura
7	Metacarpos/metatarsos y sesamoideos proximales	
71	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt	
71A	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular	
71A1	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: III Mc/Mt	
71A1.1	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: III Mc/Mt completa por avulsión	9.2
71A1.2	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: III Mc/Mt incompleta por avulsión	9.3
71A1.3	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: III Mc/Mt incompleta por estrés	9.4
71A2	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: II o IV Mc/Mt	
71A2.1	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: II o IV Mc/Mt simple	9.5
71A2.2	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: II o IV Mc/Mt multigragmentada	9.6
71A3	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular: III con II o IV Mc/Mt	9.7
71B	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple	
71B1	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: III Mt/Mt	
71B1.1	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: III Mt/Mt longitudinal	9.8
71B1.2	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: III Mt/Mt en la porción dorso lateral	9.9
71B1.3	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: III Mt/Mt en la porción dorso	9.10

	medial	
71B2	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: II o IV Mt/Mt	9.11
71B3	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: de más de dos huesos	
71B3.1	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: de más de dos huesos; articular simple en III	9.12
71B3.2	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: de más de dos huesos articular simple en II o IV	9.13
71C	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular compuesta	
71C1	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular compuesta: III Mc/Mt	
71C2	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular compuesta: II o IV Mc/Mt	9.14
71C3	Epífisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular compuesta: III con II o IV Mc/Mt	
72	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt	
72A	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple	
72A1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple en espiral	
72A1.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple en espiral de III	9.15
72A1.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple en espiral de II o IV	
72A1.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple en espiral de III con II o IV	
72A1.4	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple por estrés	9.16
72A2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple oblicua	
72A2.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple oblicua de III	9.17
72A2.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple oblicua de II o IV	9.18
72A2.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple oblicua de III con II o IV	9.19
72A3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple transversas	
72A3.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt:	9.20

	simple trasversas de III	
72A3.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple trasversa de II o IV	
72A3.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: simple trasversa de III con II o IV	
72B	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada	
72B1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada en espiral	
72B1.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada en espiral de III	
72B1.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada en espiral de II o IV	
72B1.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada en espiral de III con II o IV	
72B2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con tres fragmentos intactos	
72B2.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con tres fragmentos intactos de III	9.21
72B2.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con tres fragmentos intactos de II o IV	
72B2.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con tres fragmentos intactos de III con II o IV	
72B3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con un fragmento no reducible	
72B3.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con un fragmento no reducible de III	
72B3.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con un fragmento no reducible de II o IV	
72B3.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: multifragmentada con un fragmento no reducible de III con II o IV	
72C	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta	
72C1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta en espiral	
72C1.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta en espiral de III	
72C1.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta en espiral de II o IV	
72C1.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta en espiral de III con II o IV	

72C2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta segmentaria	
72C2.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta segmentaria de III	
72C2.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta segmentaria de II o IV	
72C2.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta segmentaria de III con II o IV	
72C3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta irregular	
72C3.1	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta irregular de III	
72C3.2	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta irregular de II o IV	
72C3.3	Diáfisis del III Mc/Mt o tercio medio del II o IV Mc/Mt: conminuta irregular de III con II o IV	
73	Epífisis distal del III Mc/Mt	
73A	Epífisis distal del III Mc/Mt no articular	
73A1	Epífisis distal del III Mc/Mt no articular simple	9.22
73A2	Epífisis distal del III Mc/Mt no articular multifragmentada	9.23
73A3	Epífisis distal del III Mc/Mt no articular conminuta	
73B	Epífisis distal del III Mc/Mt articular simple	
73B1	Epífisis distal del III Mc/Mt articular simple: sin llegar a la metafisis	9.24
73B2	Epífisis distal del III Mc/Mt articular simple: hasta la metafisis	
73B3	Epífisis distal del III Mc/Mt articular simple: más allá de la metafisis	
73C	Epífisis distal del III Mc/Mt articular compuesta	
73C1	Epífisis distal del III Mc/Mt articular compuesta: única en la articulación con metafisis multifragmentada	9.28
73C2	Epífisis distal del III Mc/Mt articular compuesta: multifragmentada	
73C3	Epífisis distal del III Mc/Mt articular compuesta conminuta	
74	Sesamoideos proximales	
74A	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral	
74A1	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral longitudinal	
74 A1.1	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral longitudinal abaxial	9.29
74 A1.2	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral longitudinal axial	9.30
74A2	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral trasversa	
74A2.1	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral trasversa	

	apical	
74A2.2	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral trasversa cuerpo medio	9.31
74A2.3	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral trasversa basilar	9.32
74A3	Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral multifragmentada	
74B	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial	
74B1	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial longitudinal	
74B1.1	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial longitudinal abaxial	
74B1.2	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial longitudinal axial	
74B2	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa	
74B2.1	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa apical	
74B2.2	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa cuerpo medio	
74B2.3	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa basilar	
74B3	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial multifragmentada	
74B	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial	
74B1	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial longitudinal	
74B1.1	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial longitudinal abaxial	
74B1.2	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial longitudinal axial	
74B2	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa	
74B2.1	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa apical	
74B2.2	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa cuerpo medio	
74B2.3	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial trasversa basilar	
74B3	Sesamoideos proximales: sesamoideo medial multifragmentada	
74C	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos	
74C2	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa	
74C2.1	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa apical	
74C2.2	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa cuerpo medio	

74C2.3	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa basilar	
74C3	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos multifragmentada	9.33
74C	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos	
74C1	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos longitudinal	
74C1.1	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos longitudinal abaxial	
74C1.2	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos longitudinal axial	
74C2	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa	
74C2.1	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa apical	
74C2.2	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa cuerpo medio	
74C2.3	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos trasversa basilar	
74C3	Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos multifragmentada	

Tabla 9.1 Configuraciones de las fracturas de Radio y Ulna con base en la adaptación de la clasificación Müller AO.

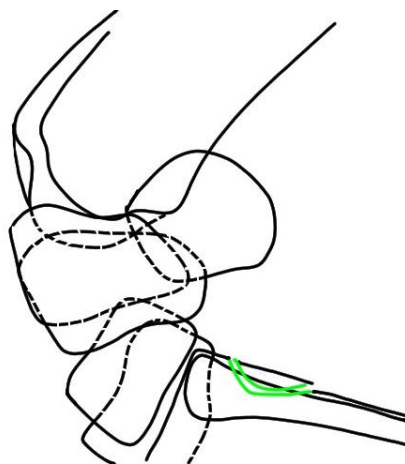


Fig. 9.2 Fractura tipo: 71 A1.1 Epífisis proximal del III Mc/Mt no articular completa por avulsión

Indicación: Tratamiento médico: descanso por semanas, y ejercicio controlado (caminado de mano) por tres semanas más, posterior a este periodo pueden ser restablecidos al trabajo normal de forma gradual, teniendo un periodo de convalecencia total de 8 a 12 meses.^{7,88}

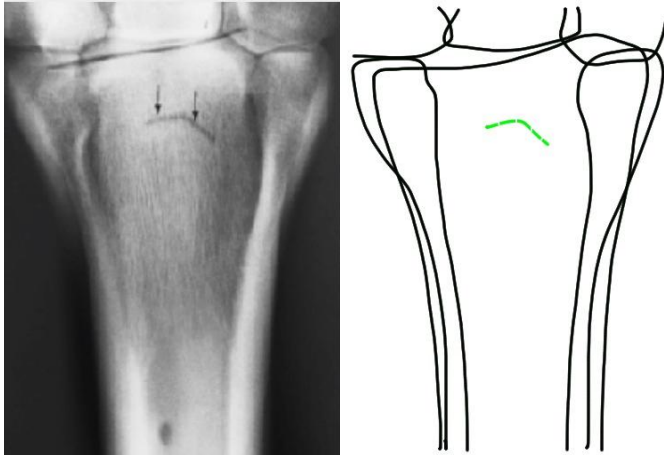


Fig. 9.3 Fractura tipo: 71 A1.2 Epífisis proximal del III Mc/Mt no articular incompleta por avulsión

Indicación: Tratamiento médico: descanso por semanas, y ejercicio controlado (caminado de mano) por tres semanas más, posterior a este periodo pueden ser restablecidos al trabajo normal de forma gradual, teniendo un periodo de convalecencia total de 4 a 6 meses.^{7,88}

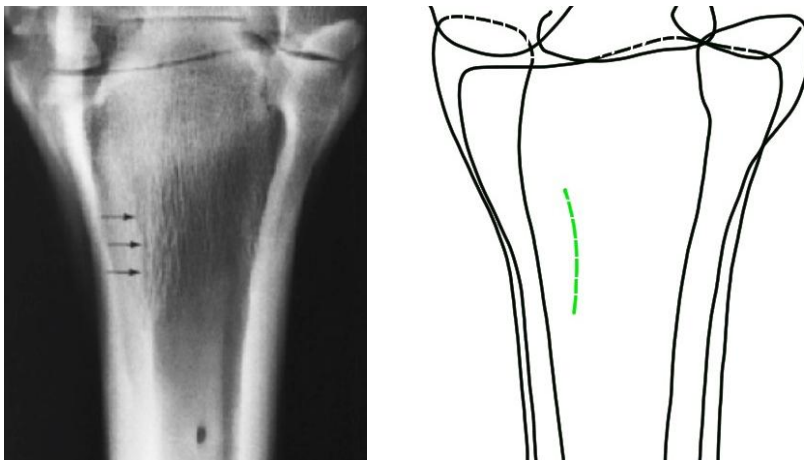


Fig. 9.4 Fractura tipo: 71A1.3 Epífisis proximal del III Mc/Mt no articular incompleta por estrés

Indicación: Tratamiento médico: descanso por tres meses, y ejercicio controlado (caminado de mano) después del segundo mes, posterior a este periodo pueden ser restablecidos al trabajo normal de forma gradual.⁷

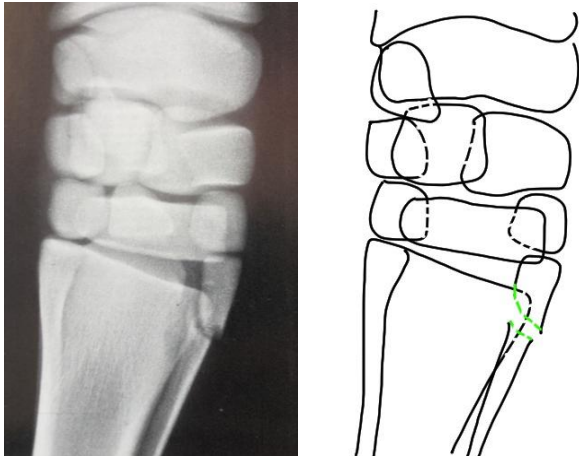


Fig. 9.5 Fractura tipo: 71 A2.1 Tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular simple

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de una placa colocada bajo la técnica de neutralización o compresión dinámica, con al menos dos tornillos de cortical de 3.5 mm. posicionados en el fragmento proximal hasta el tercer metacarpiano/metatarsiano y al menos dos tornillos en la porción distal, el fragmento distal puede ser extraído o fijado al tercer metacarpiano/metatarsiano con la placa hasta su tercio medio.^{80,90,96}

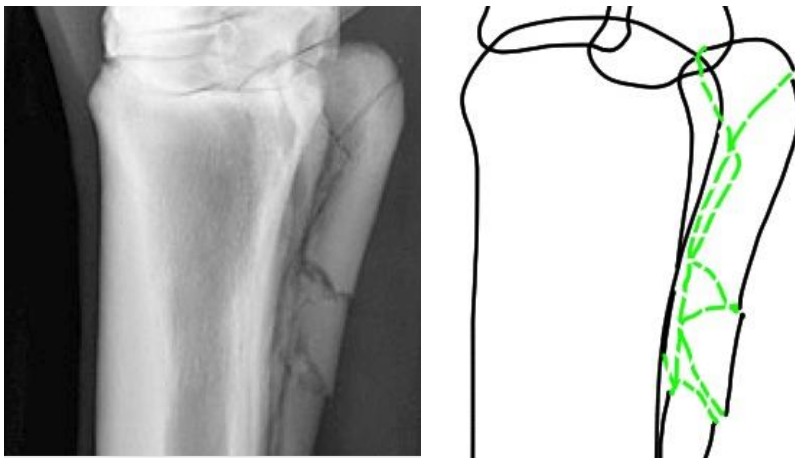


Fig. 9.6 Fractura tipo: 71A2.2 Tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de un placa colocada bajo la técnica de neutralización o compresión dinámica, con al menos dos tornillos de cortical de 3.5 mm colocados en el fragmento proximal hasta el tercer metacarpiano/metatarsiano y al menos dos tornillos en la porción distal de la placa fijada al tercer metacarpiano/metatarsiano, los fragmentos distales deben ser extraídos si se considera necesario. ^{80,90,96}

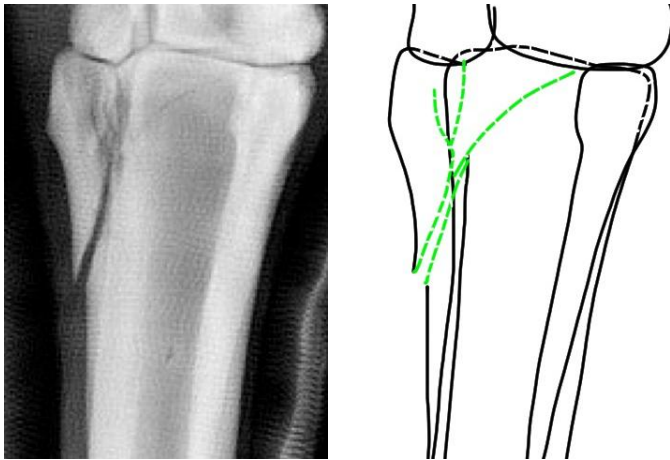


Fig. 9.7 Fractura tipo: 71A3 Epífisis proximal del III Mc/Mt con tercio proximal del II o IV Mc/Mt no articular simple

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de un placa colocada bajo la técnica de neutralización o compresión dinámica, con al menos dos tornillos de cortical de 3.5 mm colocados en el fragmento proximal hasta el tercer metacarpiano/metatarsiano y al menos dos tornillos en la porción distal, el fragmento distal puede ser extraído o fijado al tercer metacarpiano/metatarsiano con la placa hasta su tercio medio. ^{80,90,96}

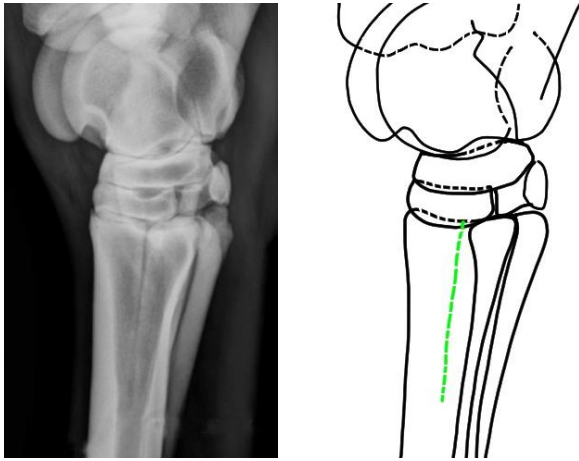


Fig. 9.8 Fractura tipo: 71B1.1 Epífisis proximal del III Mc/Mt parcialmente articular longitudinal

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de tornillos individuales de cortical de 3.5 mm para la diáfisis y 5.5 mm para la epífisis colocados la bajo técnica de compresión interfragmentaria bajo la técnica de tracción.

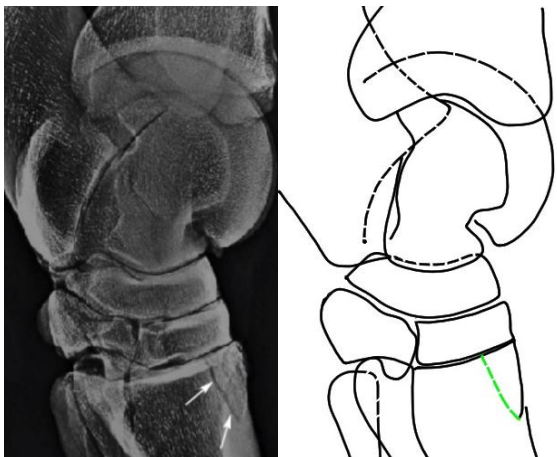


Fig. 9.9 Fractura tipo: 71B1.2 Epífisis proximal del III Mt parcialmente articular en la porción dorsolateral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de dos tornillos de cortical de 3.5 o 2.7 mm colocados la bajo técnica de compresión interfragmentaria.^{2,7}

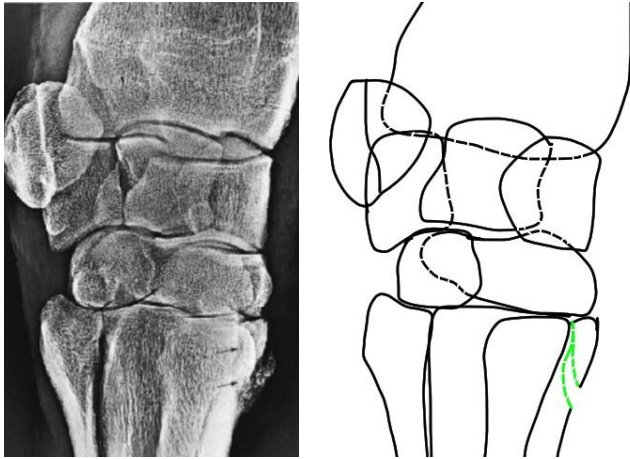


Fig. 9.10 Fractura tipo: 71B1.3 Epífisis proximal del III Mt parcialmente articular en la porción dorso medial

Tratamiento médico: descanso en caballeriza por un periodo mínimo de tres meses, incluyendo ejercicio controlado (caminado de mano) después del primer mes.⁷

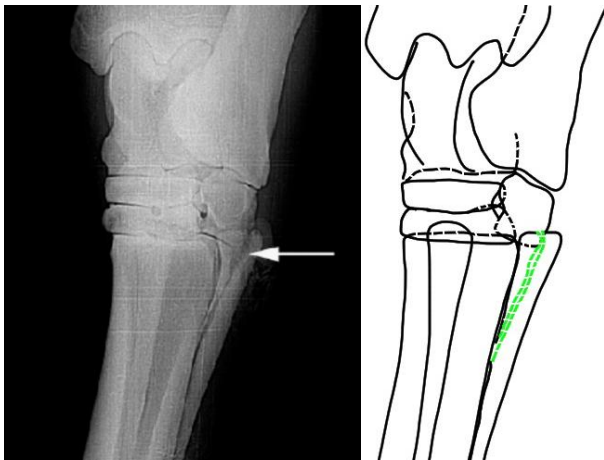


Fig. 9.11 Fractura tipo: 71B2 Tercio proximal de II o IV Mc/Mt parcialmente articular

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de un placa colocada bajo la técnica de neutralización o compresión dinámica, con al menos dos tornillos de cortical de 3.5 mm colocado en el fragmento proximal hasta el tercer metacarpiano/metatarsiano y al menos dos tornillos en la porción distal, el

fragmento distal debe ser fijado al tercer metacarpiano/metatarsiano con la placa hasta su tercio medio.^{80,90,96}

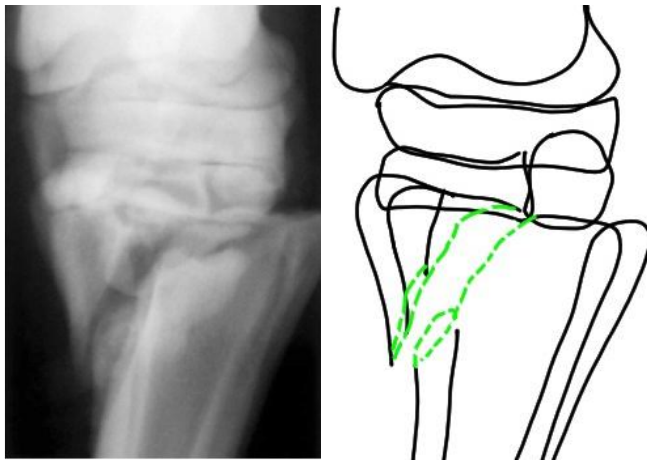


Fig. 9.12 Fractura tipo: 71B3.1 metafisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: de más de dos huesos; articular simple en III

Indicación: Actualmente no existe una opción de tratamiento que se encuentre documentada y cuyos resultados sean satisfactorios para establecer un pronóstico fuera de lo desfavorable para pacientes con la configuración descrita, motivo por el cual es recomendable inducir muerte humanitaria.⁹⁰

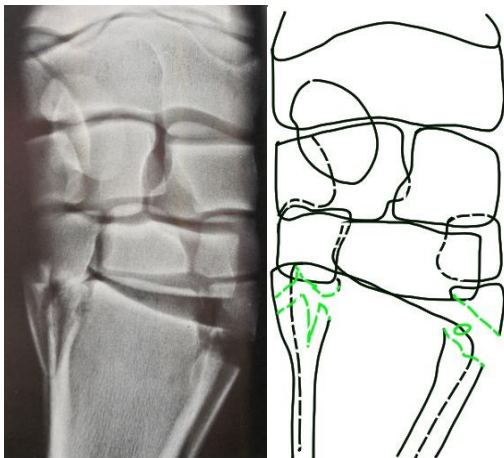


Fig. 9.13 Fractura tipo: 71B3.2 metafisis proximal del III Mc/Mt o tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular simple: de más de dos huesos articular simple en II o IV

Indicación: Actualmente no existe una opción de tratamiento que se encuentre documentada y cuyos resultados sean satisfactorio para establecer un pronóstico

fuera de lo desfavorable para pacientes con la configuración descrita, motivo por el cual es recomendable inducir muerte humanitaria.⁹⁰

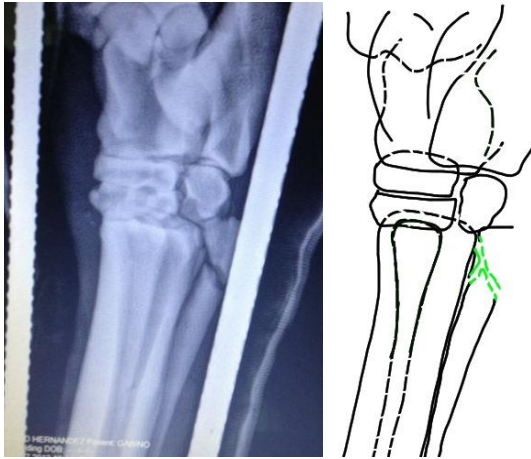


Fig. 9.14 Fractura tipo: 71C2 Tercio proximal del II o IV Mc/Mt articular de en II o IV

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna del fragmento proximal con el uso de un placa colocada bajo la técnica de neutralización o compresión dinámica, o dos tornillos individuales de cortical de 3.5 mm hasta el tercer metacarpiano/metatarsiano extrayendo los fragmentos no reducibles y la opción de extraer la porción distal del hueso o fijarla al menos dos tornillos al tercer metacarpiano/metatarsiano.^{80,90,96}

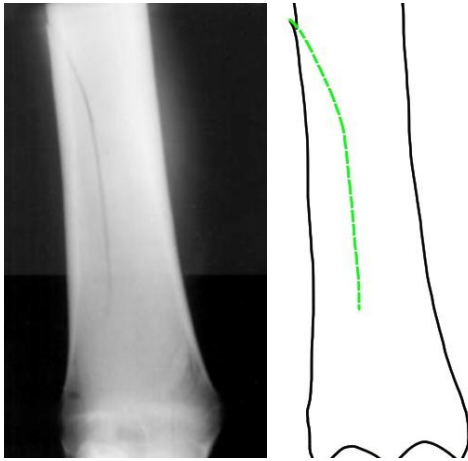


Fig. 9.15 Fractura tipo: 72A1.1 Diafisis de III Mc/Mt simple en espiral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de dos placas colocadas con un ángulo de 90° con respecto una de otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica usando tornillos de cortical 5.5 mm en la metáfisis y al menos 4 cortezas proximales y 4 cortezas distales a la fractura, y la segunda colocada bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm.

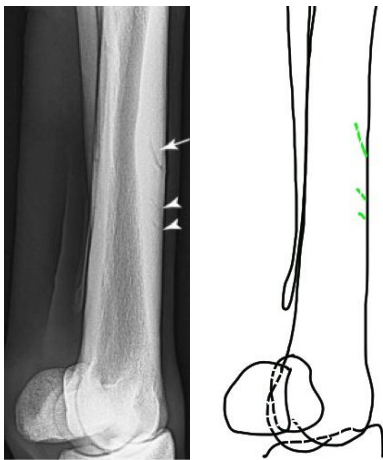


Fig. 9.16 Fractura tipo: 72A1.4 Diafisis del III Mc/Mt simple por estrés

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna unicortical con el uso de un tornillo de cortical 3.5 o 4.5 mm colocado bajo la técnica de compresión interfragmentaria o neutralización, además del taladrado en corteza de aproximadamente 22 mm de profundidad; Tratamiento médico con un periodo convaleciente de 4 a 6 meses incluye descanso en caballeriza con ejercicio controlado.^{2,77}

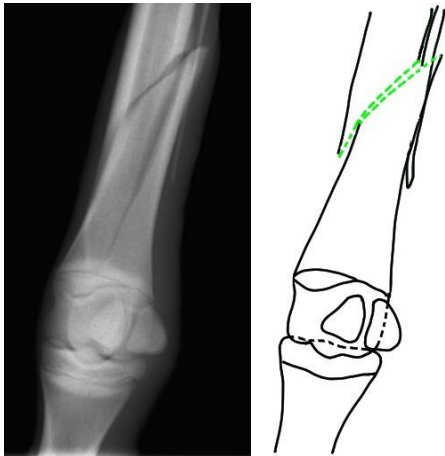


Fig. 9.17 Fractura tipo: 72A2.1 Diáfisis de III Mc/Mt simple oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de dos placas colocadas con un ángulo de 90° con respecto una de otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica usando tornillos de cortical 5.5 mm en la metáfisis y al menos 4 cortezas proximales y 4 cortezas distales a la fractura, y la segunda colocada bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm.^{75,91}

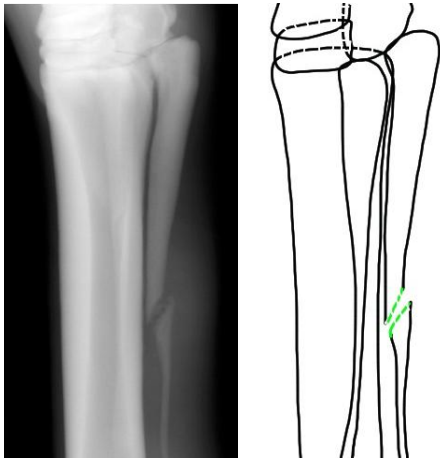


Fig. 9.18 Fractura tipo: 72A2.2 Tercio medio de II o IV Mc/Mt simple oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción de la porción distal del hueso fracturado.

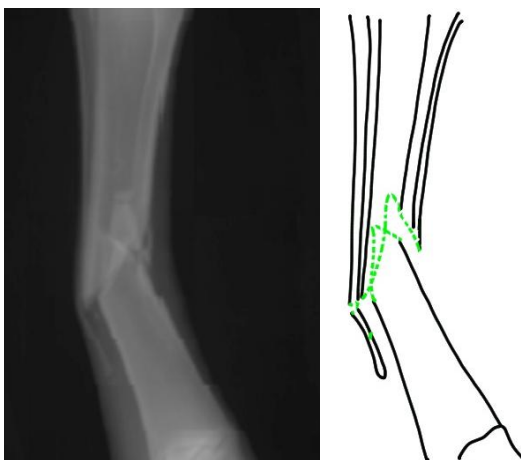


Fig. 9.19 Fractura tipo: 72A2.3 Dlafisis de III Mc/Mt simple oblicua con II o IV Mc/Mt involucrados

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de dos placas colocadas con un ángulo de 90° con respecto una de otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica usando tornillos de cortical 5.5 mm en la metáfisis y al menos 4 cortezas proximales y 4 cortezas distales a la fractura, y la segunda colocada bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm. Con la extracción quirúrgica del fragmento distal del II o IV metacarpiano/metatarsiano^{75,91}

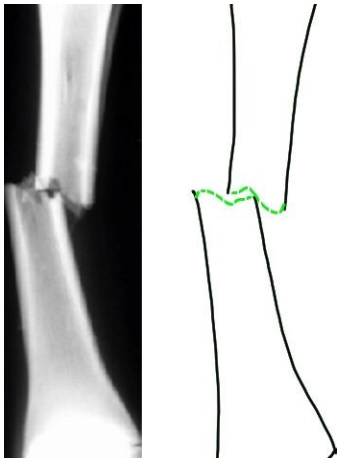


Fig. 9.20 Fractura tipo: 72A3.1 Diáfisis de III Mc/Mt simple transversa

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de dos placas colocadas con un ángulo de 90° con respecto una de otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica usando tornillos de cortical 5.5 mm en la metáfisis y al menos 4 cortezas proximales y 4 cortezas distales a la fractura, y la segunda colocada bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm.^{75,91}

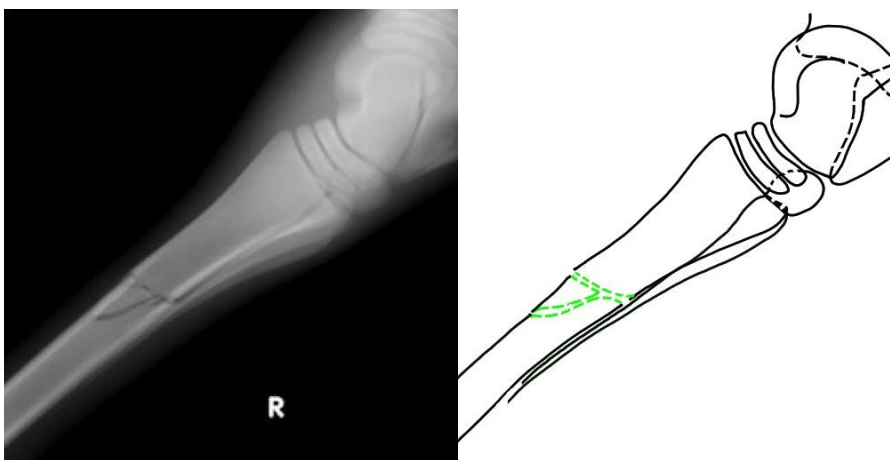


Fig. 9.21 Fractura tipo: 72B2.1 Diafisis de III Mc/Mt multifragmentada con tres fragmentos intactos

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de dos placas colocadas con un ángulo de 90° con respecto una de otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica usando tornillos de cortical 5.5 mm en la metáfisis y al menos 4 cortezas proximales y 4 cortezas distales a la fractura, y la segunda colocada bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical.^{75,91}

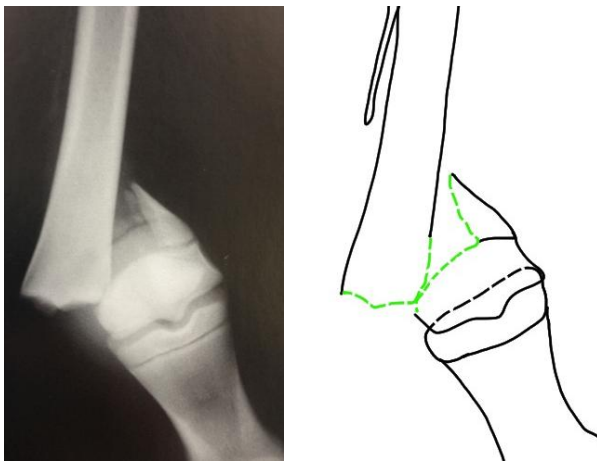


Fig. 9.22 Fractura tipo: 73 A1 Epífisis distal del III Mc/Mt no articular simple

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de tornillos de cortical 3.5 o 4.5 mm de manera individual, o el uso de una placa en L.^{75,91}

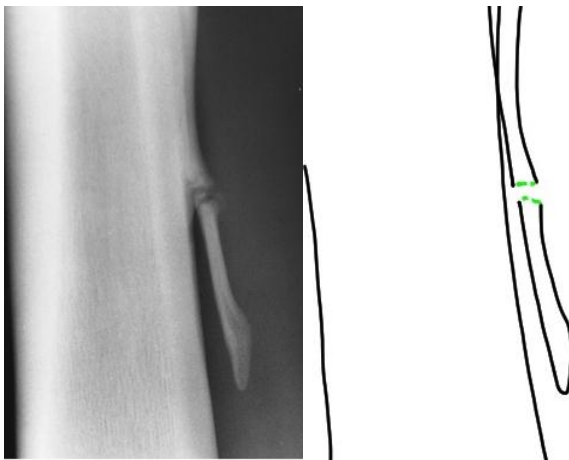


Fig. 9.23 Fractura tipo: 73A2 tercio distal del II o IV Mc/Mt simple

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción del fragmento distal.

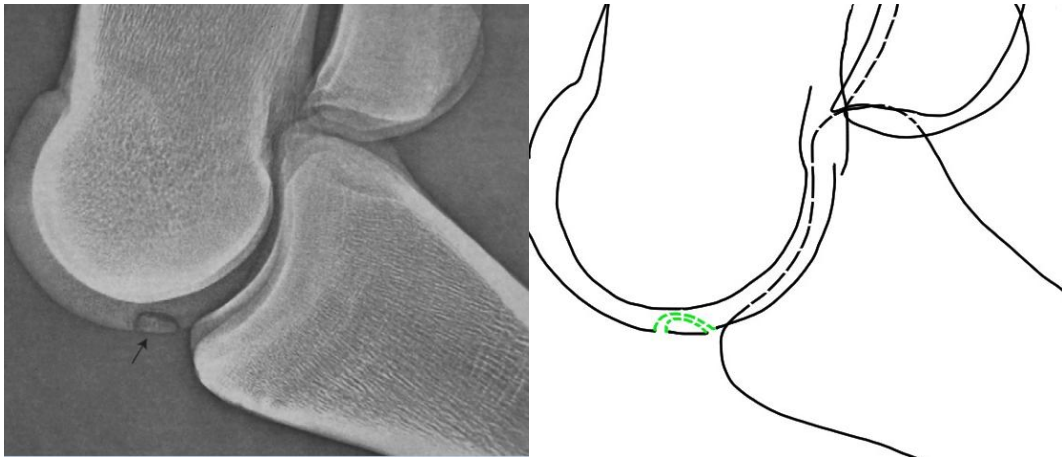


Fig. 9.24 Fractura tipo: 73B1 epifisis distal del III Mc/Mt parcialmente articular; fragmento osteocondral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción del fragmento osteocondral mediante artroscopia.⁷

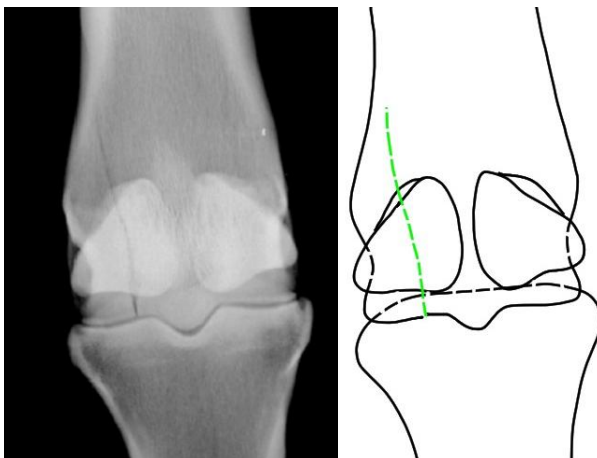


Fig. 9.25 Fractura tipo: 73B2.1 epifisis distal del III Mc/Mt articular simple de los cóndilos incompleta

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm colocados de manera lineal, empezando por el tornillo más distal.^{75,79}

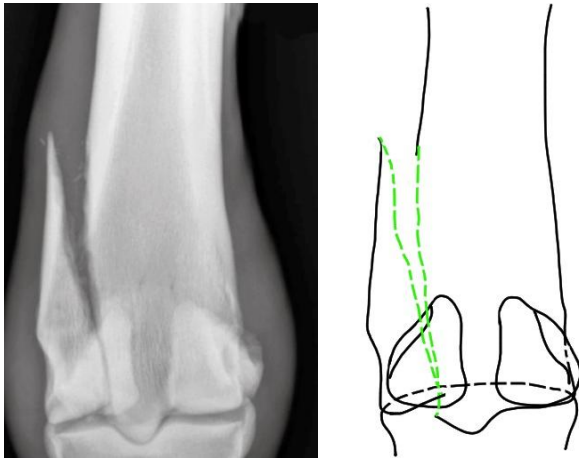


Fig. 9.26 Fractura tipo: 73B2.2 epifisis distal del III Mc/Mt articular simple de los cóndilos completa

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm colocados de manera lineal, empezando por el tornillo más distal.^{75,79}

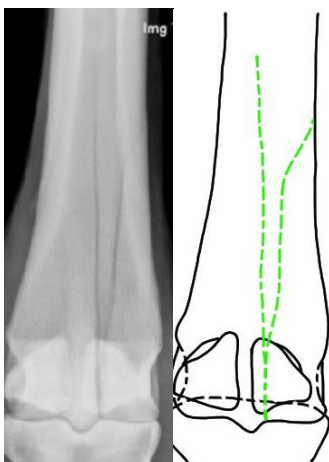


Fig. 9.27 Fractura tipo: 73B2.3 Epífisis distal del III Mc/Mt articular simple de los cóndilos multifragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 2 o 3 tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm colocados de manera lineal, empezando por el tornillo más distal, la colocación adicional de dos placas colocadas con un ángulo de 90° con respecto una de otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica usando tornillos de cortical 5.5 mm en la metáfisis y al menos 4 cortezas proximales y 4 cortezas distales a la fractura, y la segunda colocada bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical de 4.5 o 5.0 mm.^{75,79}

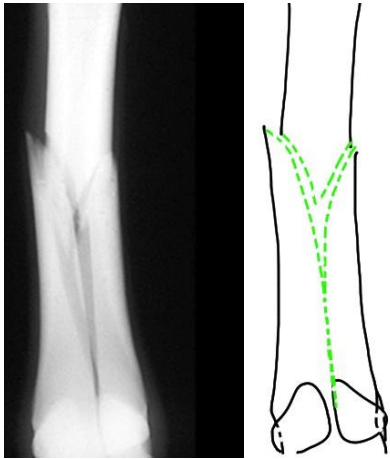


Fig. 9.28 Fractura tipo: 73C1 Epífisis distal del III Mc/Mt articular simple en articulación y metafisis

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con el uso de dos placas colocadas con un ángulo de 90° con respecto una de otra la primera colocada bajo la técnica de compresión dinámica usando tornillos de cortical 5.5 mm en la metafisis y al menos 4 cortezas proximales y 4 cortezas distales a la fractura, y la segunda colocada bajo la técnica de neutralización utilizando tornillos de cortical de 4.5 o 5.5 mm.^{75,79}

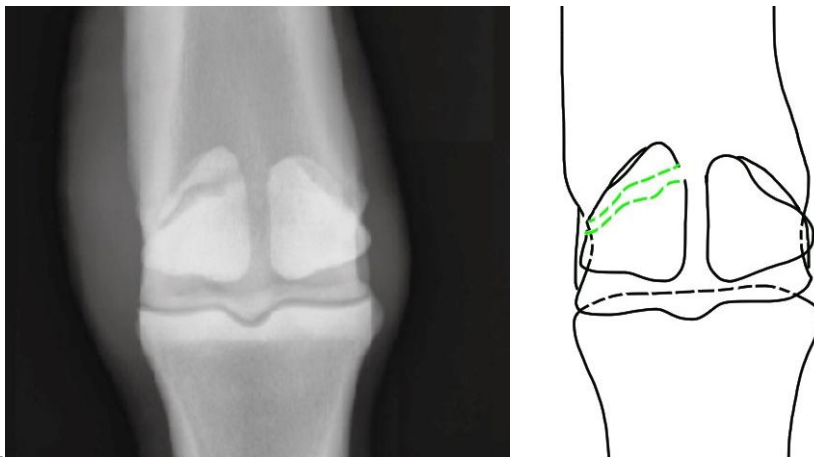


Fig. 9.29 Fractura tipo: 74 A1.1 Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral trasversa abaxial

Indicación: Tratamiento quirúrgico: retirar el fragmento en la porción abaxial por medio de artroscopia.^{94,96}

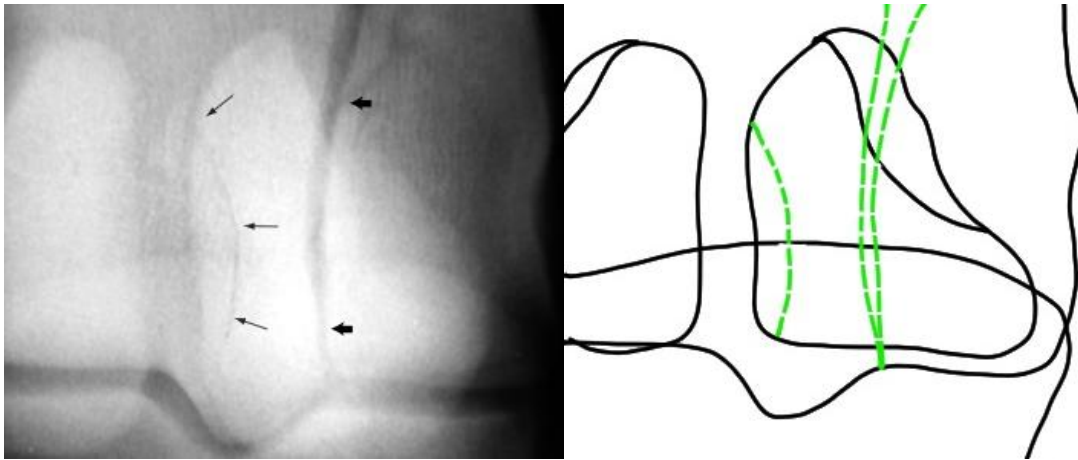


Fig. 9.30 Fractura tipo: 74A1.2 Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral longitudinal axial (flechas pequeñas) con una fractura 73B2.2

Indicación: Tratamiento quirúrgico: retirar el fragmento en la porción axial por medio de artroscopia^{94,96}

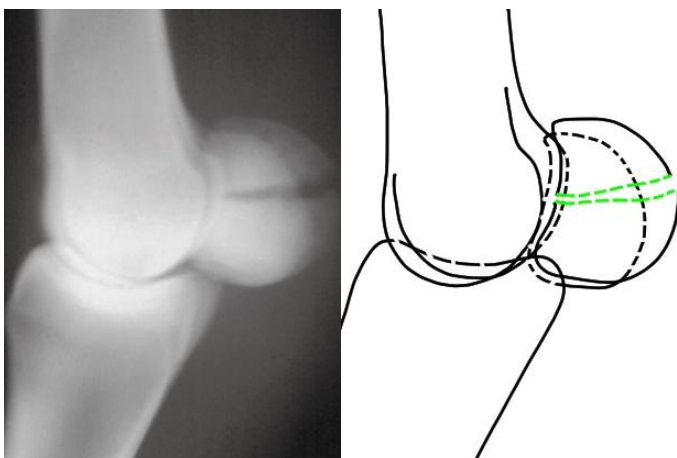


Fig. 9.31 Fractura tipo: 74A2.2 Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral trasversa cuerpo medio

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con una combinación de dos tornillos de cortical 4.5 y/o 3.5 mm respectivamente colocados bajo la técnica de compresión interfragmentaria.^{2,7,85,95}

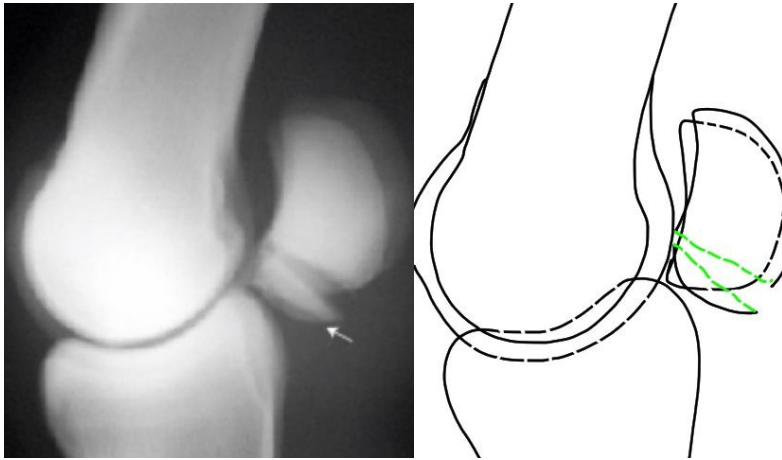


Fig. 9.32 Fractura tipo: 74A2.3 Sesamoideos proximales: sesamoideo lateral trasversa basilar

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con una combinación de dos tornillos de cortical 4.5 y/o 3.5 mm respectivamente colocados bajo la técnica de compresión interfragmentaria^{94,96}

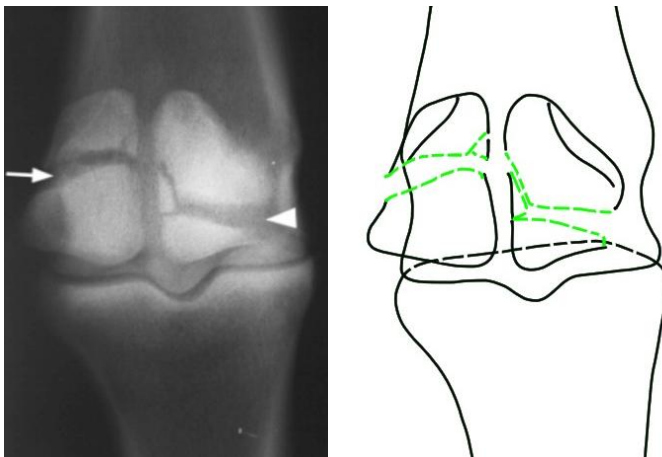


Fig. 9.33 Fractura tipo: 74C3.1 Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos multifragmentada 3 fragmentos

Indicación: Tratamiento quirúrgico: esta basado en las técnicas descritas para fracturas basilares, de cuerpo medio, apicales, abaxiales, axiales, siempre que sea posible la colocación de los implantes y se logre una reducción anatómica de los fragmentos, sin embargo es preferible optar por un Tratamiento médico que puede ser implementado con una fijación externa rígida o blanda bajo flexión por un periodo de al menos 30 días, con el caballo en caballeriza seguido de ejercicio controlado caminado por un periodo de 2 a 3 meses.⁹⁶

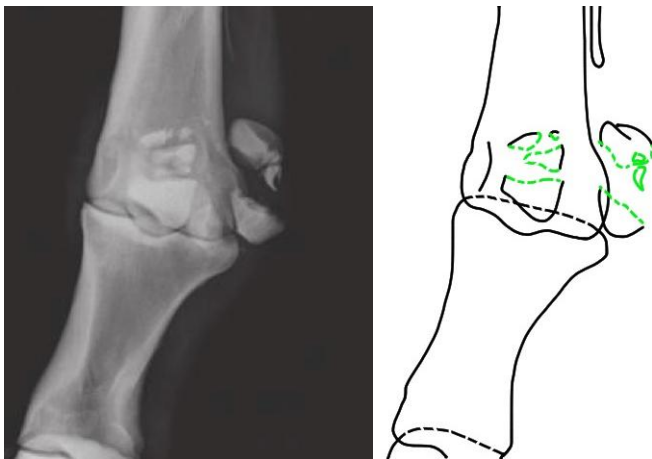


Fig. 9.34 Fractura tipo: 73C3.2 Sesamoideos proximales: ambos sesamoideos multifragmentada mayor a 3 fragmentos

Indicación: Tratamiento quirúrgico: esta basado en las técnicas descritas para fracturas basilares, de cuerpo medio, apicales, abaxiales, axiales, siempre que sea posible la colocación de los implantes y se logre una reducción anatómica de los fragmentos, sin embargo es preferible optar por un Tratamiento médico que puede ser implementado con una fijación externa rígida o blanda bajo flexión por un periodo de al menos 30 días con el caballo en caballeriza, seguido de ejercicio controlado caminado por un periodo de 2 a 3 meses.⁹⁶

11 Falanges y sesamoideo distal: Región 8

La octava región es del dedo de los equinos el cual está compuesto por cuatro estructuras óseas las cuales son: falange proximal o primera falange, falange media o segunda falange y la falange distal o tercera falange y también se incluye al hueso sesamoideo distal o navicular.

11.1 Anatomía de las Falanges y hueso sesamoideo distal.

La primera falange o falange proximal es un hueso comprimido de dorsal a palmar, en su extremo proximal el cual es más ancho que es distal posee una cavidad dividida por un surco que articula con el cóndilo del tercer metacarpo/metatarso, en ambos lados existen eminencias palpables que sirven de anclaje a los ligamentos colaterales de la articulación del menudillo; su extremo distal esta conformado por dos cóndilos divididos por un surco medio y también presenta eminencias lateral más pequeñas que las proximales para los ligamentos colaterales de la articulación de la cuartilla. La cara palmar presenta algunas irregularidades en la superficie las cuales sirven para la inserción de distintos ligamentos en la región.^{2,97}

La segunda falange o falange media es morfológicamente similar a la primera, pero aproximadamente del la mitad del tamaño y proporcionalmente más ancha, la superficie articular proximal posee una cavidad que corresponde con la parte reciproca del extremo distal de la primera falange; mientras que su extremo distal tiene dos cóndilos separados por un surco, esta superficie articular se extiende

hasta la cara palmar en donde se articula con el hueso sesamoideo distal y la falange distal.⁹⁸ Fig. 10.1

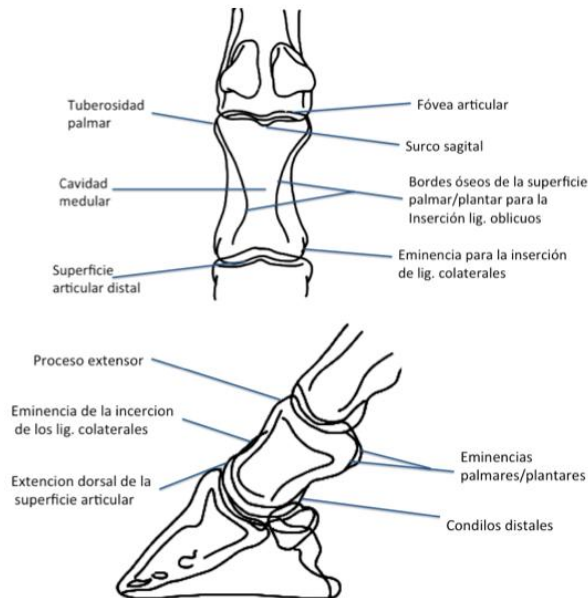


Fig. 10.1 Representación esquemática de la dorso-palmar/plantar de menudillo (A) y latero-medial de casco(B); mostrando las principales estructuras anatómicas de primera y segunda falange.

La tercera falange o falange distal se encuentra ubicada dentro del casco del miembro de los équidos, es una estructura con forma de cuña, es decir, aguda distalmente y hacia los lados, roma proximalmente y hacia palmar. La superficie dorsal es convexa de lateral a medial y se ubica paralela a la muralla del casco; esta falange da la apariencia de volverse cónica caudalmente en los procesos palmares y dorsalmente en el proceso extensor que constituye el punto más alto y donde se inserta el tendón del músculo extensor digital común. Su cara palmar es ligeramente cóncava y la superficie articular está orientada proximalmente y

corresponde con la superficie articular distal del segunda falange y con el hueso navicular.⁹⁹ Fig 10.2

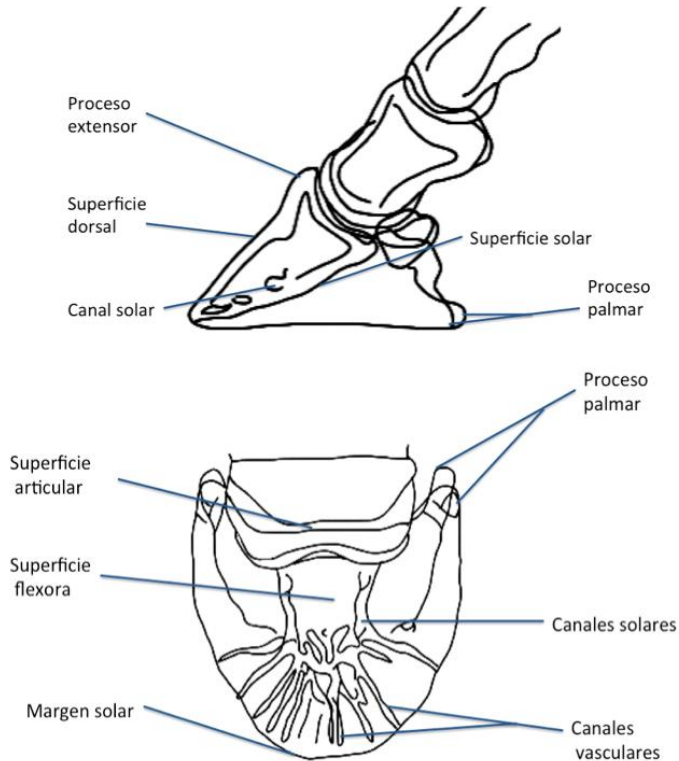


Fig. 10.2 Representación esquemática de la proyección latero media l(A), y dorso proximal- palmado distal oblicua a 65°(B) de la región del casco; mostrando las principales estructuras anatómicas de la tercera falange.

El sesamoideo distal o hueso navicular tiene forma de canoa con su eje longitudinal ubicado horizontalmente, situado palmar/plantar a la unión de las segunda y tercera falange, integra la articulación interfalángica distal este hueso posee dos superficies una articular y una flexora, dos bordes uno proximal y uno distal y dos extremos uno medial y uno lateral.^{2, 100}

Igual que como ocurre en la región de los metacarpos no existe una diferencia anatómica significativa entre miembros anteriores y miembros posteriores por lo cual en esta región se describen fracturas de ambos.

Es importante resaltar que estas estructuras óseas no son huesos largos y la adaptación de la clasificación de AO se hace tomando las estructuras como los componentes de un solo hueso largo donde el primer segmento corresponde la primera falange, el segmento medio corresponde la segunda falange y el tercer segmento corresponde la tercera falange; finalmente como ocurre en otras regiones se incluye un cuarto segmento el cual en este caso específico corresponde al hueso sesamoideo distal. Fig. 10.3

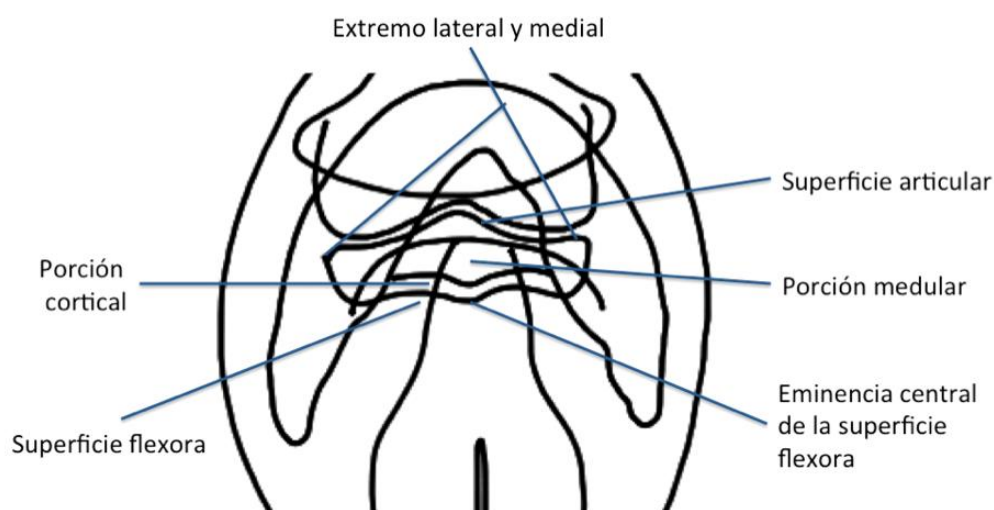


Fig. 10.3 Representación esquemática de la proyección palmaro proximal- palmaro distal oblicua de tercera falange y el hueso sesamoideo distal; mostrando las principales estructuras anatómicas del hueso sesamoideo distal.

11.2 Fracturas de primera falange.

Las fracturas de la primera falange o falange proximal ocurren con frecuencia y son clasificadas de distintas formas que incluyen: fragmentos ostecondrales (pequeñas esquirlas) en la porción proximal en el aspecto dorsal o en aspecto

palmar/plantar, las fracturas por estrés que no pueden ser identificadas en las tomas radiográficas de rutina, también existen fracturas simples que han sido clasificadas con base a su configuración están incluyen fracturas sagitales incompletas que pueden ser cortas (menos de 30 mm de longitud) y largas (más de 30 mm de longitud), fracturas sagitales completas donde la línea de fractura tiene una salida en la corteza lateral o aquellas que pueden abarcar ambas superficies articulares; también existen las fracturas dorsales que comienza en la articulación metacarpo/metatarso falángica en el plano dorsal y se extienden a la corteza dorsal o distalmente hacia la articulación interfalángica proximal. Otras configuraciones son: fracturas de las eminencias palmares/plantares, fracturas Salter-Harris generalmente tipo dos de la fisis proximal, y fracturas multifragmentadas que pueden ir desde de 3 piezas bastante simples a severamente fragmentadas(conminuta). Es importante resaltar que la mayoría de las fracturas son cerradas.

La etiología de las fracturas de este hueso parece ser una combinación de compresión longitudinal junto con rotación lateromedial asincrónica o torsión en relación con el metacarpo/metatarso.

Los signos clínicos son variables y dependen del tipo de fractura y su grado de propagación, la mayoría de los casos tienen una historia de un inicio súbito, los caballos con fracturas sagitales incompletas pueden mostrar una claudicación y dolor moderado en un inicio pero que tiene una corta duración. Sin embargo, la efusión de menudillo generalmente está presente y una respuesta dolorosa se produce con la flexión y rotación del mismo, las fracturas sagitales completas causan una claudicación de grado 3/5 a 4/5 de acuerdo con la AAEP y efusión del

menudillo la inflamación en la región de la cuartilla es evidente. Los caballos con fracturas conminuta generalmente muestran un claudicación de grado 5/5 de acuerdo con la AAEP .

Las radiografías son de utilidad para identificar el tipo de fractura y ayudar a elegir un tratamiento apropiado. El examen radiográfico debe incluir por lo menos 4 vistas: dorsal-palmar/plantar (DP), latero-medial (LM), dorso lateral-palmaro/plantaro medial oblicua (DPLMO) y dorsal medial- palmaro/plantaro lateral oblicua (DPMLO). En ocasiones son necesarias proyecciones adicionales en ángulos diferentes.

11.3 Fracturas de segunda falange.

Las fracturas de la segunda falange o falange media ocurren más comúnmente en los miembros pélvicos en animales adultos Cuarto de Milla cortadores, de reining y de carreras de barriles de alto rendimiento, sin embargo, estas fracturas pueden ocurrir en cualquier caballo, después de patadas o caídas o cualquier forma de trauma. también están reportadas en potros e implican generalmente la fisis proximal, dando como resultado la subluxación de la interfalángica proximal

Existen una gran variedad de configuraciones, incluyendo fracturas osteocondrales (pequeñas esquirlas) o pequeñas esquirlas, de las eminencias palmar/plantar , fracturas axiales y fracturas multifragmentadas. Los fragmentos osteocondrales y fracturas axiales son raras, mientras que las que involucran las eminencias y las fracturas conminuta ocurren frecuentemente. Caballos de carreras Pura Sangre Ingles y Standardbred parecen tener mayor riesgo de sufrir fracturas osteocondral ubicadas en el aspecto dorsal o en el aspecto palmar.

Las fracturas simples axiales se producen rara vez, este tipo de fractura puede progresar a una fractura conminuta bajo factores biomecánicos específicos.

Las fracturas conminutas son las más comunes, estas pueden ser uniarticular o biarticulares, estas fracturas pueden resultar de un trauma externo o una combinación de fuerzas de compresión y torsión que se producen por, arranques y paradas repentinas.

Los signos clínicos asociados a fragmentos osteocondrales, fracturas de una sola eminencia y fracturas simples axiales son variables. Algunos caballos pueden tener antecedentes de un inicio agudo de claudicación mientras que otros pueden presentar una claudicación crónica. En la mayoría de los caballos, el ejercicio aumenta la severidad de estos signos. La inflamación de la cuartilla no es un hallazgo confiable pero la flexión del dígito combinado con la rotación de la región de la cuartilla a menudo provocan una respuesta dolorosa. La crepitación o inestabilidad generalmente no se aprecian en fracturas de eminencia uniaxiales.

Los pacientes con fracturas multifragmentadas o biaxiales de las eminencias a menudo presentan una claudicación severa con un inicio súbito. Algunos propietarios pueden reportar que se escuchó un fuerte "pop" justo antes de la aparición de cojeras severas. La cuartilla puede parecer inestable durante la manipulación y la inflamación pueden estar presentes justo por encima de la banda coronaria en aquellas que involucran la articulación interfalángica distal mientras que para las fracturas de eminencia biaxial la inflamación es menos evidente y la efusión puede no ser detectable.

Un diagnóstico definitivo requiere un examen radiográfico y se recomiendan al menos 4 vistas: dorsal-palmar/plantar (DP), latero-medial (LM), dorso lateral-

palmaro/plantaro medial oblicua (DPLMO) y dorsal medial- palmaro/plantaro lateral oblicua (DPMLO). Los fragmentos osteocondrales se diagnostican fácilmente con las vistas radiográficas mencionadas. En ocasiones vistas adicionales pueden ser necesarias en fracturas conminutas para conocer la configuración la cual tiene una gran influencia en el método de tratamiento seleccionado así como en el pronóstico de cada caso.

11.4 Fracturas de tercera falange.

Las fracturas de la tercera falange o falange distal son una causa poco común de claudicaciones, si se compara con la numerosa cantidad de entidades patológicas que afectan el casco de los equinos.

La etiología de estas fracturas es generalmente un trauma, sin embargo, el daño repetido y la fatiga ósea por repetidas cargas de trabajo ha sido reconocida como causa de estas en caballos de carrera. En el caso de fracturas por trauma directo se asocian a miembros torácicos en caballos mientras que aquellos que desempeñan una función atlética distinta son miembros pélvicos los que están involucrados, las fracturas sagitales resultan de trauma directo como una patada contra un objeto sólido, aquellas que involucran el margen solar están relacionadas a la carga de peso que recibe el hueso durante el trabajo especialmente en suelos muy firmes, ocasionalmente estas fracturas también pueden presentarse como resultado de un objeto penetrante a través de la suela, las fracturas que involucran el proceso extensor de la tercera falange están relacionadas con excesiva tensión por parte del tendón extensor digital/largo común o sobre extensión de la articulación interfalángica distal.

Generalmente las manifestaciones clínicas son similares en todas las configuraciones en la fase aguda, con la historia de una claudicación de inicio súbito y un grado claudicación de 4/5 a 5/5 de acuerdo con la AAEP, en muchos casos estas claudicaciones suelen aumentar dentro de las primeras 24 horas como resultado de incremento de presión causado por la inflamación, que provoca un aumento de volumen de los tejidos al interior de la cápsula del casco. Las excepciones a esto son aquellas que involucran el proceso extensor y el margen solar, donde el grado de claudicación suele ser más leve entre un 2/5 y 3/5 de acuerdo con la AAEP; sin importar la configuración de la misma estos signos siempre disminuirán en los casos en que no son tratados en la fase aguda y pueden considerarse en este momento como fracturas crónicas.

Un incremento en la fuerza del pulso digital es fácilmente palpable al igual que el incremento en la temperatura del casco del miembro afectado, cuando las fracturas son articulares, es decir involucran la articulación interfalángica distal es también posible palpar efusión articular en el aspecto dorsal y proximal de la banda coronaria y la inflamación puede estar presente desde esta banda coronaria hasta la región de la cuartilla, en el examen con las pinzas para casco suelen evidenciarse el dolor sobre la suela y con una presión firme sobre la línea de fractura es posible inducir una marcada respuesta que provoque que el paciente retire el miembro evaluado, sin embargo, una respuesta negativa a esta prueba no descarta la presencia de una fractura en la tercera falange especialmente en casos crónicos; con el uso de la anestesia perineural de los nervios digitales palmares/plantares o con la anestesia intrarticular de la interfalángica distal puede darse alivio a la claudicación aunque esta es generalmente innecesaria para

diagnosticar estas patologías, suele ser necesario para diagnosticar fracturas crónicas y para aquellas que involucren el margen solar o el proceso extensor de la tercera falange.

El diagnóstico de estas fracturas suele realizarse mediante estudios radiográficos utilizando las tomas dorso palmar a 30°, dorsoproximal-palmaro/plantarodistal a 65° y latero-medial también las tomas oblicuas son usadas especialmente cuando se tratan de identificar fracturas en los procesos palmares mientras que para identificar aquellas que se encuentran el margen solar esto se logra fácilmente usando una técnica radiográfica con aproximadamente la mitad de exposición necesaria para evaluar el hueso navicular.

11.5 Fracturas de sesamoideo distal.

Las fracturas del hueso navicular son una causa poco frecuente de claudicación en los equinos, estas han sido reportado en muchas razas con una diferente variedad de funciones, las facturas completas pueden ocurrir después de un trauma agudo o secundarias a una severa desmineralización del hueso debida a una patología previa como síndrome navicular u osteomielitis séptica.

Las fracturas por avulsión están también asociadas con síndrome navicular y pueden ocurrir a lo largo del eje distal del borde del hueso lo cual está altamente relacionado con la presencia de esta patología en miembros toracicos y la ocurrencia de este tipo de fracturas en los mismos.

Las facturas simples pueden ser verticales ligeramente oblicuas o transversas, las verticales o ligeramente oblicuas suelen ocurrir por avulsión de los ligamentos colaterales, generalmente estas facturas son desplazadas. Menos comunes que

las fracturas simples son aquellas conminuta y finalmente aquellas relacionadas con la con ruptura de ligamento impar o el tendón Flexor digital profundo.

Los signos clínicos y la severidad de la claudicación en estos pacientes son similares a los que se observan en un caballo con síndrome navicular, sin embargo, estos presentan una historia de una claudicación súbita en un solo miembro que responde al descanso; esta claudicación puede ir de un 2/5 a un 5/5 de acuerdo con la AAEP, en la mayoría de los caballos el uso de las pinzas para casco provoca la manifestación de dolor a lo largo de la ranilla, un incremento de la fuerza del pulso digital y efusión en la articulación interfalángica distal en los estados agudos, los cuales son similares a los caballos con fracturas de tercera falange pero es menos evidente o incluso ausente en casos crónicos, los caballos con una claudicación 2/5 a 3/5 de acuerdo con la AAEP en miembros pelvicos y signos clínicos parecidos a los se manifiestan el síndrome navicular deben ser examinados bajo la sospecha de una fractura del hueso navicular. El uso de la anestesia perineural de los nervios digitales palmares/plantares puede aliviar esta claudicación en la mayoría de los casos, sin embargo, si esto no ocurre la razón puede ser el componente articular de la misma así como su relación con estructuras con el tendón flexor digital profundo.

El examen radiográfico de la región de casco es necesario para confirmar el diagnóstico, se debe cuidar la preparación del mismo para evitar confundir las líneas de fractura con artefactos por un mal empacado de la suela, si la supuesta línea de fractura se extiende más allá del hueso navicular esta no es una fractura, cuando esto ocurre es mejor repetir el estudio radiográfico con un ángulo de entrada diferente para confirmar la fractura. Las facturas completas son

típicamente localizadas en el plano sagital medial o laterales a la línea media, es decir parasagitales, la mayoría son completas y son fácilmente identificables en la toma dorsoproximal-palmarodistal a 60° o las tomas oblicuas para el navicular, es importante resaltar que las líneas de fracturas deben comenzar y terminar en los bordes del hueso navicular lo cual es muy evidente en fracturas crónicas.

Falanges y sesamoideo distal		
Código	Descripción	Figura
8	Falanges y hueso navicular	
81	Falanges y hueso navicular: falange proximal	
81A	Falanges y hueso navicular: falange proximal; no articular	
81A1	Falanges y hueso navicular: falange proximal; no articular en espiral	
81A2	Falanges y hueso navicular: falange proximal; no articular oblicua	10.3
81A3	Falanges y hueso navicular: falange proximal; no articular transversa	
81B	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple	
81B1	Falanges y hueso navicular: falange proximal; fragmento osteocondral	
81B1.1	Falanges y hueso navicular: falange proximal; fragmento osteocondral plantaro proximal	10.4
81B1.2	Falanges y hueso navicular: falange proximal; fragmento osteocondral dorso proximal	10.5
81B1.3	Falanges y hueso navicular: falange proximal; fragmento osteocondral articular dorso distal	10.6
81B2	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple incompleta	
81B2.1	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple incompleta simple corta	10.7
81B2.2	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple incompleta simple larga	10.8
81B3	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple completa	
81B3.1	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple completa, de procesos palmares	10.9
81B3.2	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple completa, por avulsion del ligamento colateral	10.10
81B3.3	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular simple completa, longitudinal	10.11
81C	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular compuesta	
81C1	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular compuesta	
81C1.1	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular compuesta uniarticular proximal	
81C1.2	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular compuesta uniarticular distal	
81C2	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular	10.12

	compuesta biarticular	
81C3	Falanges y hueso navicular: falange proximal; articular compuesta, conminuta	10.13
82	Falanges y hueso navicular: falange media	
82A	Falanges y hueso navicular: falange media, fragmento osteocondral	
82A1	Falanges y hueso navicular: falange media, no articular	
82B	Falanges y hueso navicular: falange media, articular simplees	
82B1	Falanges y hueso navicular: falange media; articular simplees, fragmento osteocondral	10.14
82B2	Falanges y hueso navicular: falange media; articular simplees, eminencias palmares unifocal	10.15
82B3	Falanges y hueso navicular: falange media; articular simplees, eminencias palmares bifocal	10.16
82C	Falanges y hueso navicular: falange media; articular	
82C1	Falanges y hueso navicular: falange media; articular simple	10.17
82C2	Falanges y hueso navicular: falange media; articular, multifragmentada	10.18
82C3	Falanges y hueso navicular: falange media; articular, conminuta	
83	Falanges y hueso navicular: falange distal	
83A	Falanges y hueso navicular: falange distal; no articular	
83A1	Falanges y hueso navicular: falange distal; no articular de procesos palmares con origen en el margen solar	10.19
83A2	Falanges y hueso navicular: falange distal; no articular de procesos palmares con origen y salida en el margen solar	10.20
83A3	Falanges y hueso navicular: falange distal; no articular del margen solar	
83A3.1	Falanges y hueso navicular: falange distal; no articular del margen solar unifocal	10.21
83A3.2	Falanges y hueso navicular: falange distal; no articular del margen solar multifocal	10.22
83B	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular simple	
83B1	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular simple de proceso extensor	
83B1.1	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular simple de proceso extensor fragmento osteocondral	10.23
83B1.2	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular simple de proceso extensor reducible	10.24
83B2	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular simple sagitales	10.25
83B3	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular simple	10.26

	de procesos palmares	
83C	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular	
83C1	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular en el plano dorsal	10.27
83C2	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular multifragmentada	10.28
83C3	Falanges y hueso navicular: falange distal; articular conminuta	
84	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal	
84A	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal fragmento osteocondral	
84A1	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal fragmento osteocondral del borde distal	10.29
84B	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal articular simple	
84B1	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal articular simple de cuerpo medio	10.30
84B2	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal articular simple de eminencias laterales	10.31
84B3	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal articular simple multifragmentada	10.32
84C	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal articular	
84C1	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal articular transversa	10.33
84C2	Falanges y hueso navicular: sesamoideo distal articular del borde flexor distal	10.34

Tabla 10.1 Configuraciones de las fracturas de falanges y sesamoideo distal con base

en la adaptación de la clasificación Müller AO.

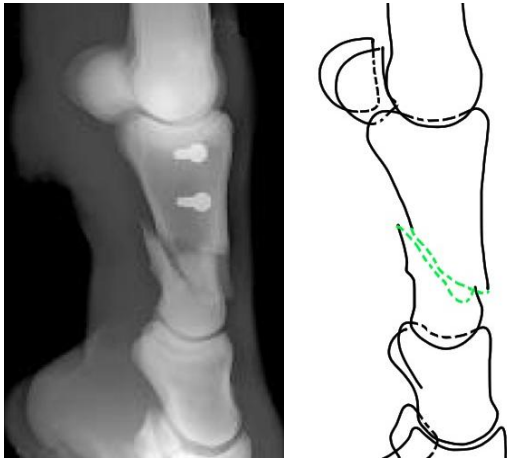


Fig. 10.3 Fractura tipo: 81A2 Falange proximal no articular oblicua

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas colocadas en la corteza dorsal, un lateral y la otra medial al eje del hueso con al menos 4 tornillos 5.5 mm en cada placa⁹⁶

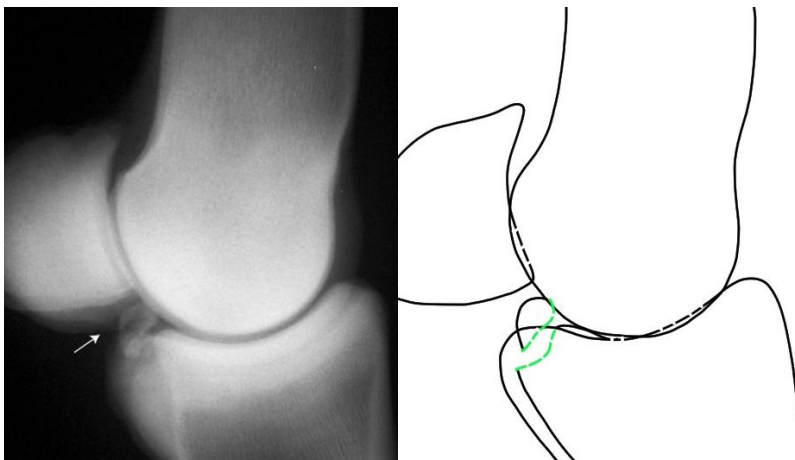


Fig. 10.4 Fractura tipo: 81B1.1 Falange proximal articular simple, fragmento osteocondral plantaro proximal

Indicación: Tratamiento médico: fijación externa con un férula rígida por 3 a 5 meses.^{2,7}

Tratamiento quirúrgico: extracción del fragmento mediante artroscopia.

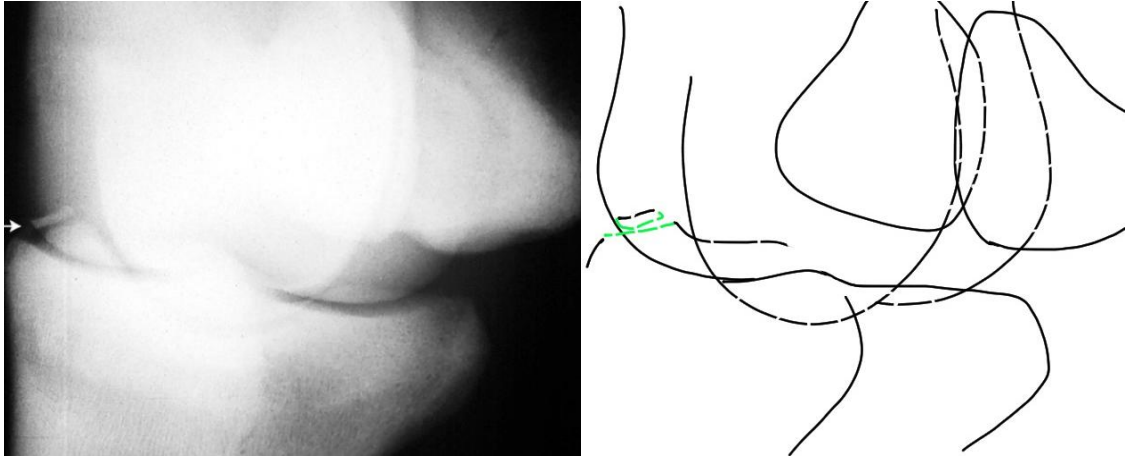


Fig. 10.5 Fractura tipo: 81B1.2 Falange proximal articular simple, fragmento osteocondral dorso proximal

Indicación: Tratamiento médico: descanso en caballeriza con ejercicio controlado por tres meses; Tratamiento quirúrgico: extracción del fragmento por artroscopia.^{2,7}

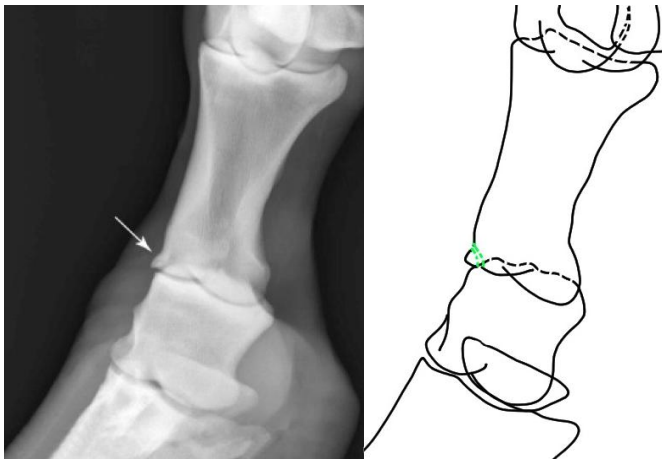


Fig. 10.6 Fractura tipo: 81B1.3 Falange proximal articular simple, fragmento osteocondral dorso distal

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción quirúrgica del fragmento por artroscopia.^{2,7}

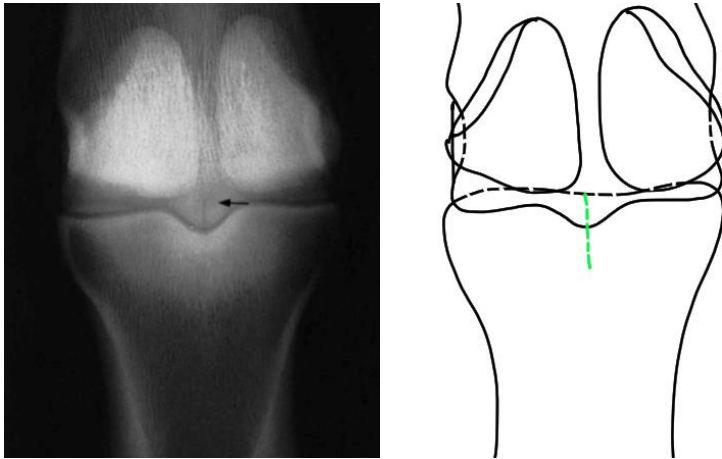


Fig. 10.7 Fractura tipo: 81B2.1 Falange proximal articular simple simple incompleta corta

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos tornillos colocados en una configuración lineal con el primer tornillo en el centro del hueso y el segundo en una posición mas craneal a este.^{96,101,103}

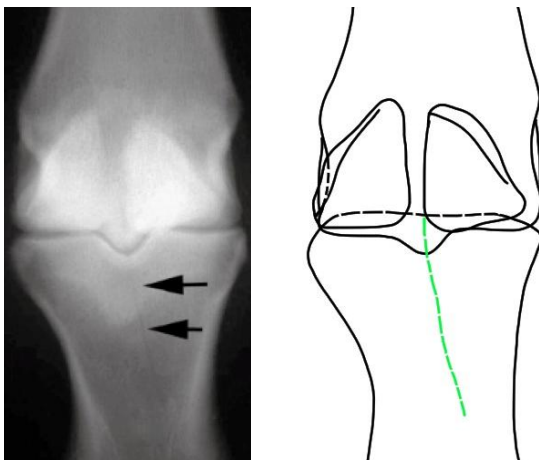


Fig. 10.8 Fractura tipo: 81B2.2 Falange proximal articular simple simple incompleta larga

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con tres tornillos de cortical 4.5 o 5.5 en un configuración lineal o triangular.⁹⁶

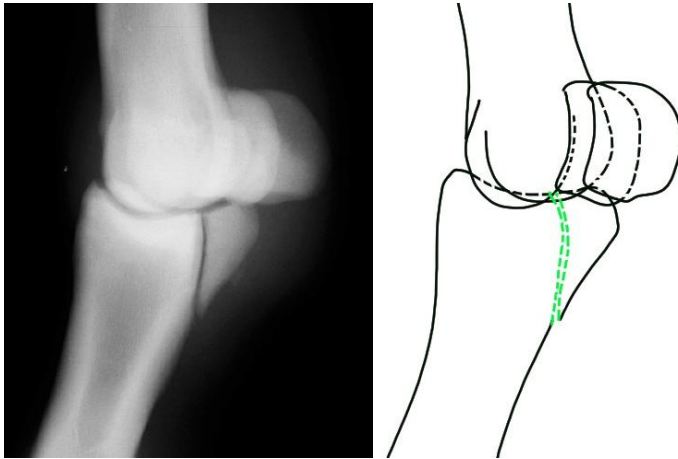


Fig. 10.9 Fractura tipo: 81B3.1 Falange proximal articular simple completa de procesos palmares

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos tornillos de cortical de 4.5 y 3.5 mm respectivamente colocados perpendiculares a la fractura.⁹⁶

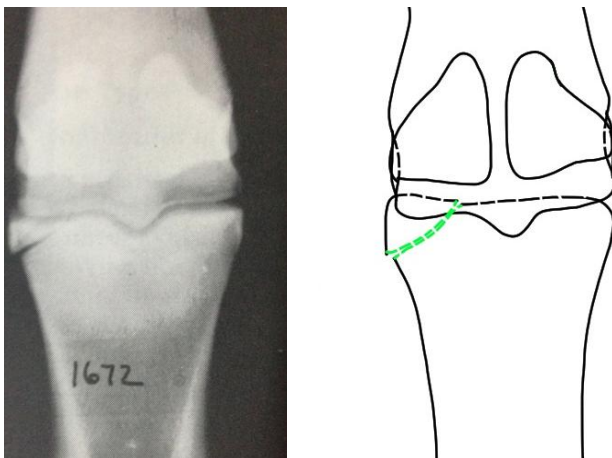


Fig. 10.10 Fractura tipo: 81B3.2 Falange proximal articular simple completa, por avulsión de ligamentos colaterales

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos tornillos de cortical de 4.5 y 3.5 mm respectivamente colocados perpendiculares a la fractura y en dirección distal.²

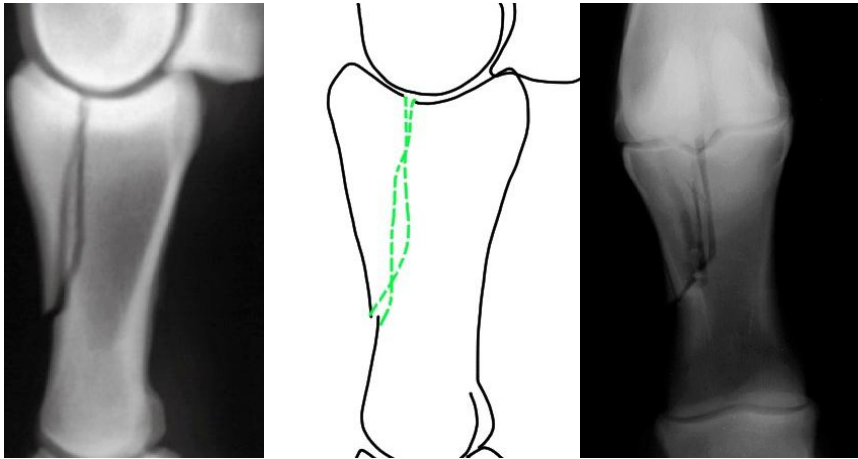


Fig. 10.11 Fractura tipo: 81B3.3Falange proximal articular simple completa, longitudinal

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con dos placas en la corteza dorsal fijada con al menos 4 tornillos cada una de 4.5 mm, y al menos dos tornillos de cortical de 4.5 mm en la corteza lateral ⁹⁶

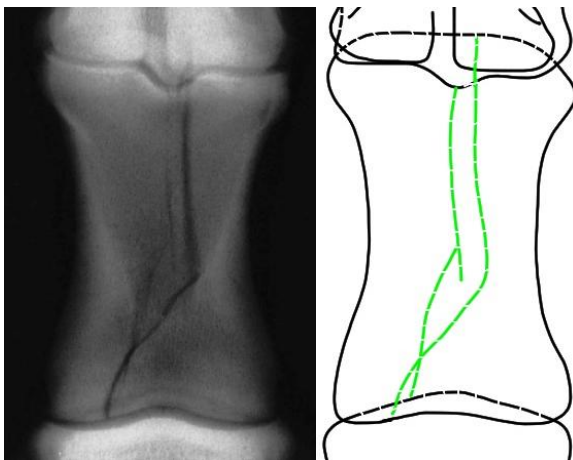


Fig. 10.12 Fractura tipo: 81C2 Falange proximal biarticular

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con 4 tornillos de cortical de 4.5mm distribuidos en una configuración lineal a distancias iguales a lo largo del hueso y con un quinto tornillo craneal al primero formando una configuración triangular en la porción mas proximal del hueso. ^{96,102}

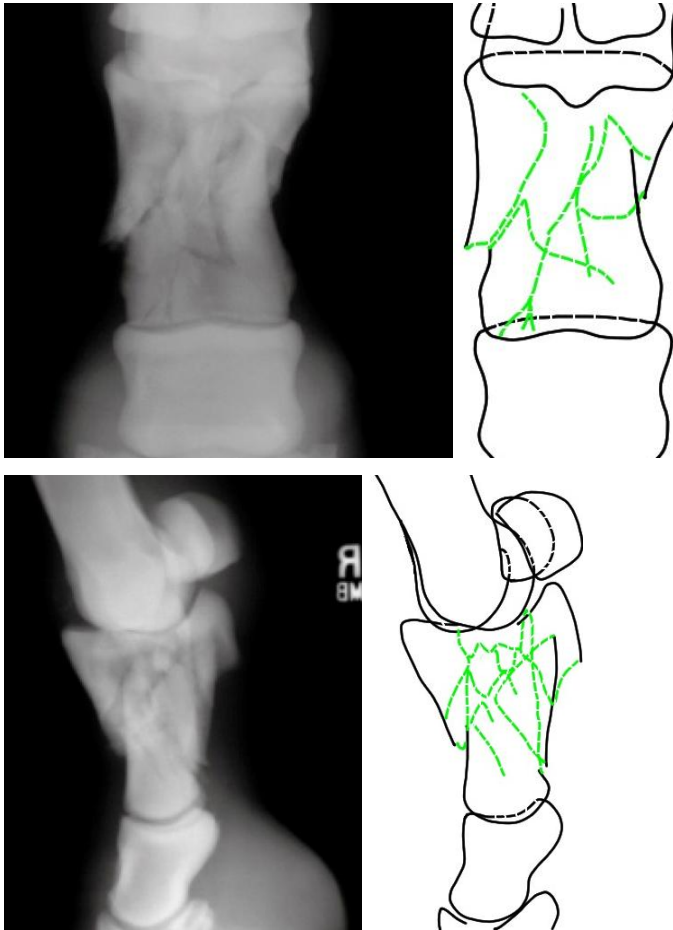


Fig. 10.13 Fractura tipo: 81C3 Falange proximal articular conminuta

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación con tornillos de cortical 4.5 o 5.5 mm fijando de manera inicial los fragmentos proximales seguido de la reducción lateral de los fragmentos y la colocación final de dos tornillos de neutralización distales a los primeros dos. ^{96,102}

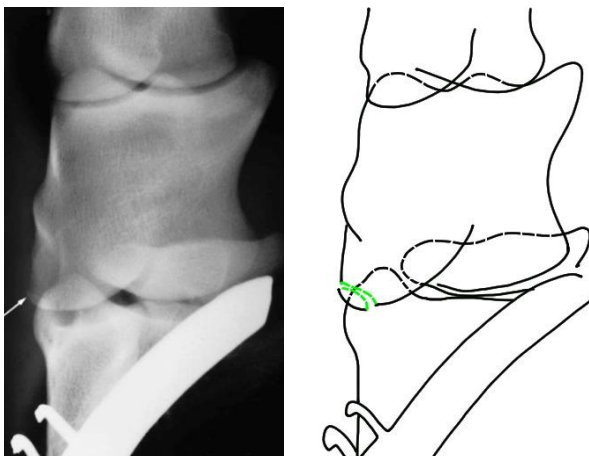


Fig. 10.14 Fractura tipo: 82B1 Falange media articular simple fragmento osteocondral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción del fragmento por artroscopia.⁷

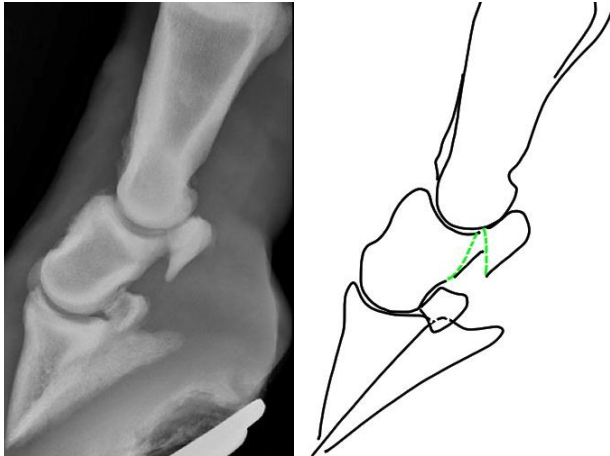


Fig. 10.15 Fractura tipo: 82B2 Falange media articular simple de eminencias palmares unifocal

Indicación: Tratamiento quirúrgico: artrodesis con el uso de un placa de tres o cuatro orificios colocada en el aspecto dorsal con tornillos de cortical de 5.5 mm y dos tornillos de cortical a cada lado colocados desde la primera falange hasta las eminencias palmares de la segunda falange.^{96,105}

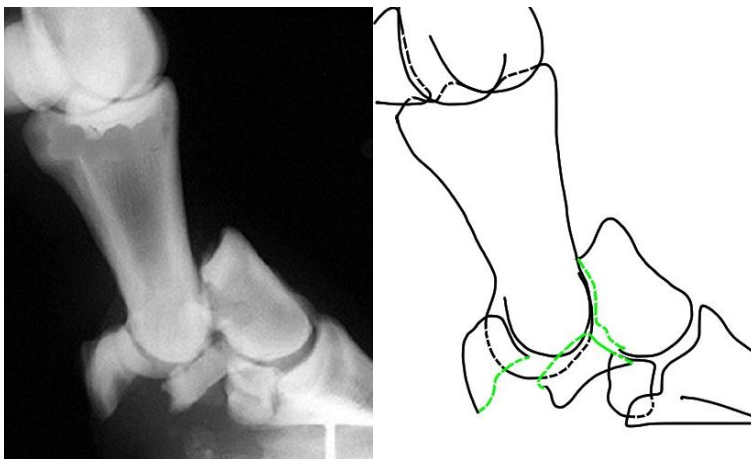


Fig. 10.16 Fractura tipo: 82B3 Falange media articular simple de eminencias palmares bifocal

Indicación: Tratamiento quirúrgico: artrodesis con el uso de un placa de tres o cuatro orificios colocada en el aspecto dorsal con tornillos de cortical de 5.5 mm y

dos tornillos de cortical a cada lado colocados desde la primera falange hasta las eminencias palmares de la segunda falange.^{96,105}

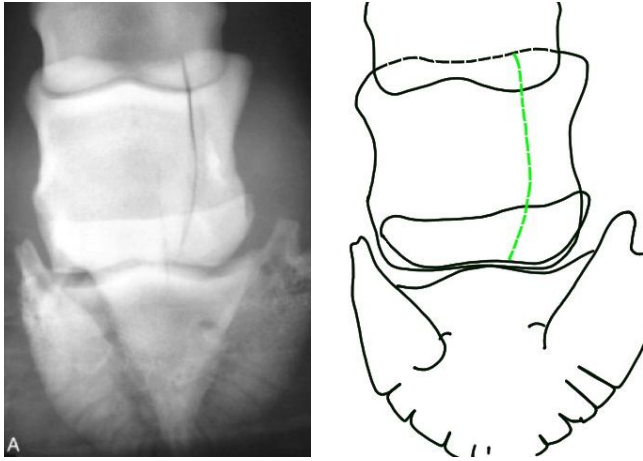


Fig. 10.17 Fractura tipo: 82C1 Falange media, articular simple

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna con al menos dos tornillos de cortical de 4.5 o 5.5 mm colocados bajo la técnica de tracción.⁹⁶

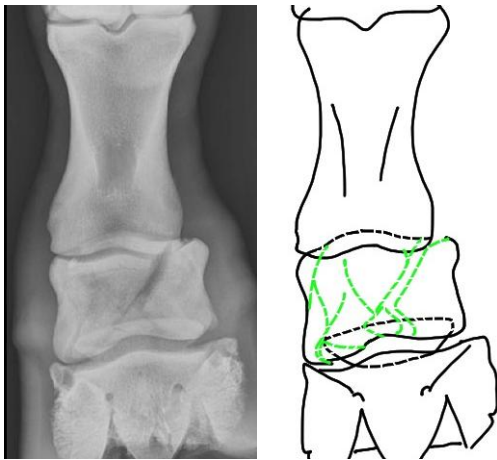


Fig. 10.18 Fractura tipo: 82C2 Falange media articular multifragmentada

Indicación: Tratamiento quirúrgico: artrodesis quirúrgica de la articulación interfalangea proximal con dos placas y tornillos individuales de cortical de 5.5 o 4.5 mm.^{96,104}

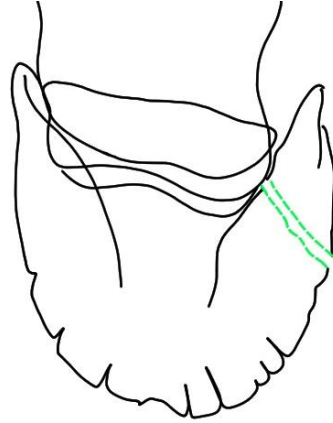
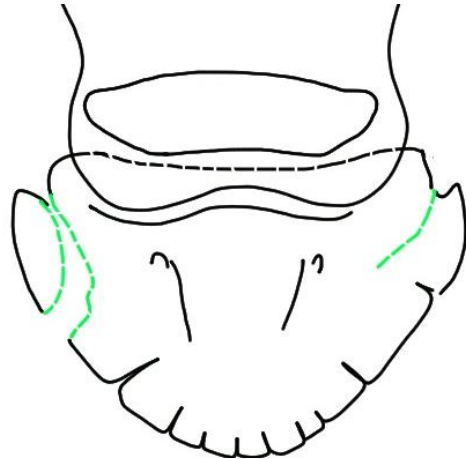
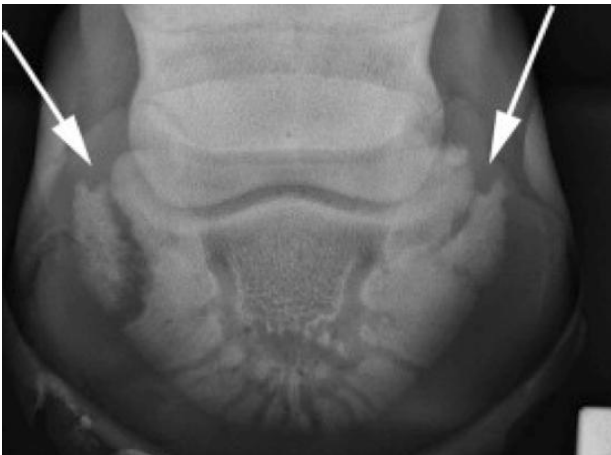


Fig. 10.19 Fractura tipo: 83A1 Falange distal, no articular de porcesos palmares con origen en el margen solar

Indicación: Tratamiento médico: herraje de candado por 4 a 5 meses o fijación externa con fibra de vidrio.^{96,109}



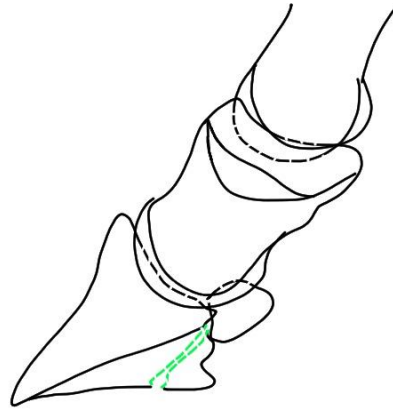


Fig. 10.20 Fractura tipo: 83A2 Falange distal, no articular de procesos palmares con origen y salida en el margen solar

Indicación: Tratamiento médico: fijación externa con fibra de vidrio por un mes.¹⁰⁸

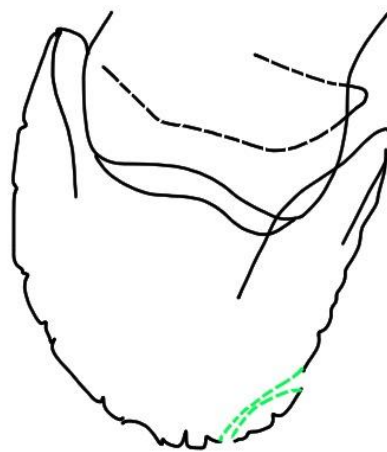


Fig. 10.21 Fractura tipo: 83A3.1 Falange distal, no articular del margen solar unifocal

Indicación: Tratamiento quirúrgico: resección de los fragmentos a través de la suela.⁹⁶

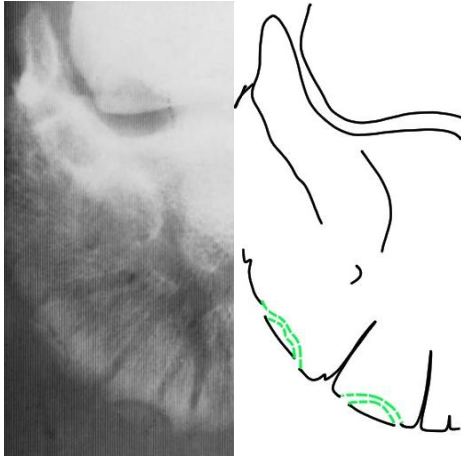


Fig. 10.22 Fractura tipo: 83A3.2 Falange distal, no articular de margen solar multifocal

Indicación: Tratamiento quirúrgico: resección de los fragmentos a través de la suela.⁹⁶

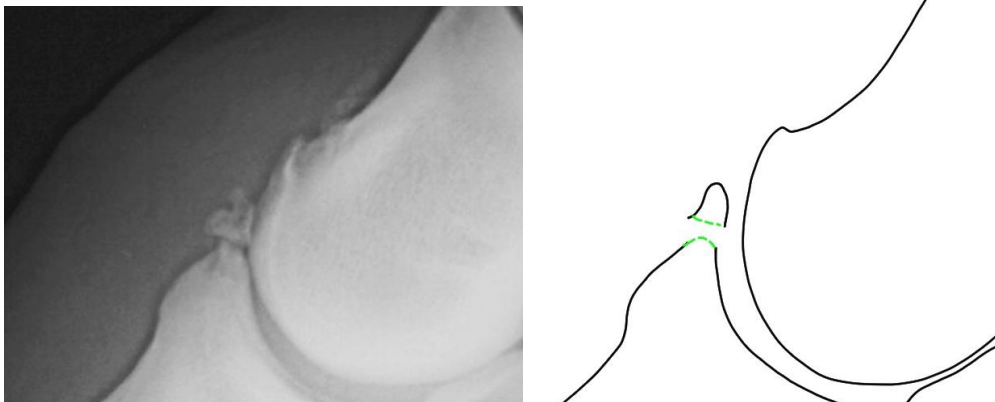
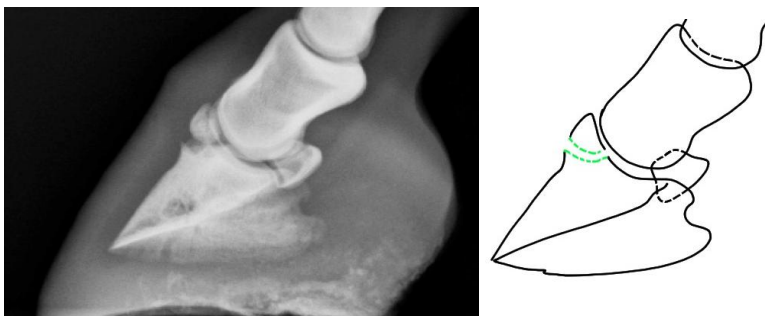


Fig. 10.23 Fractura tipo: 83B1.1 Falange distal, articular simple de proceso extensor; fragmento osteocondral

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción de los fragmentos por medio de artroscopia



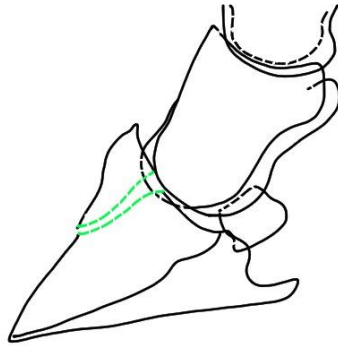
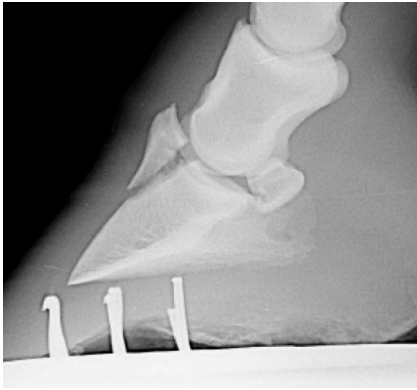


Fig. 10.24 Fractura tipo: 83B1.2 Falange distal, articular simple de proceso extensor; fragmento reducible

Indicación: Tratamiento quirúrgico: extracción de los fragmentos a través de artroscopia o fijación interna utilizando un tornillo de cortical de 4.0 mm.⁹⁶

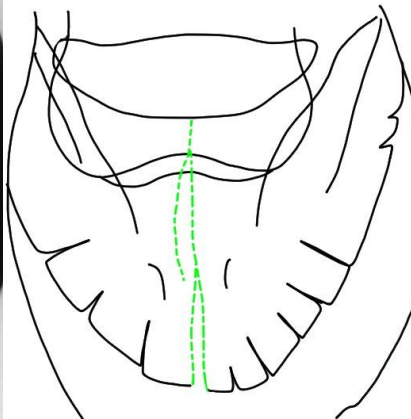


Fig. 10.25 Fractura tipo: 83B2 Falange distal, articular simple sagital

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando uno o dos tornillo de cortical de 4.0 o 4.5 mm con la técnica tracción.⁹⁶

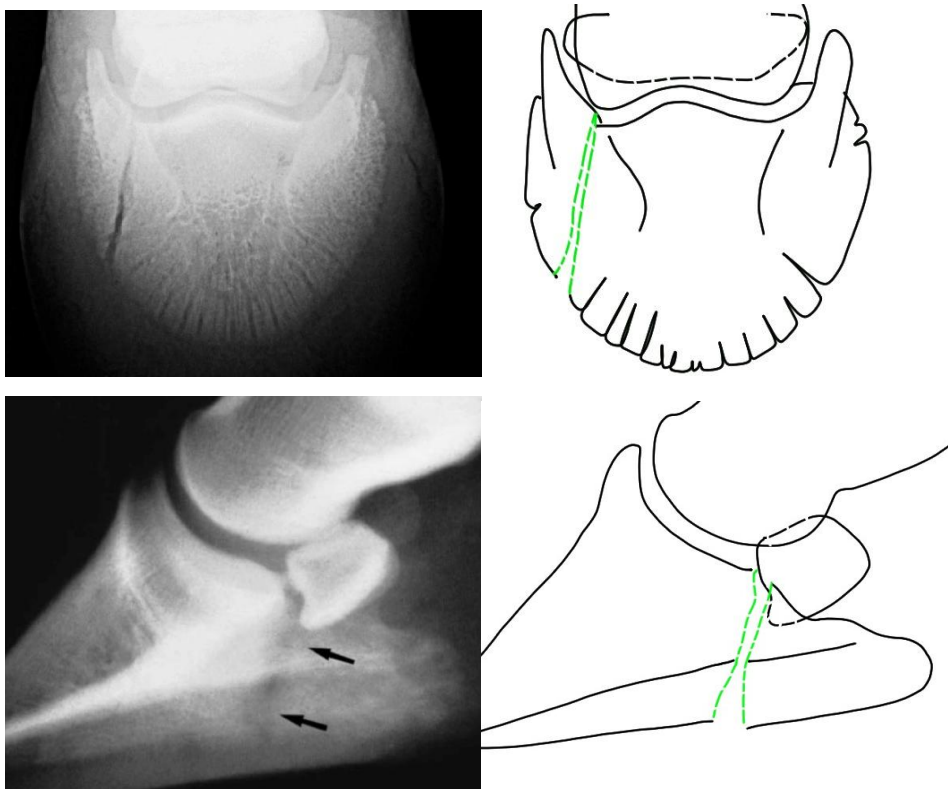


Fig. 10.26 Fractura tipo: 83B3 Falange distal, articular simple de procesos palmares

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando uno o dos tornillo de cortical de 4.0 o 4.5 mm con la técnica tracción⁹⁶

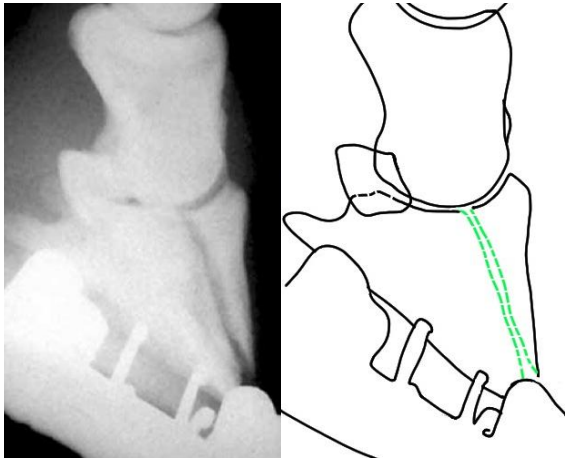


Fig. 10.27 Fractura tipo: 83C1 Falange distal, articular en el plano dorsal
 Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando un tornillo de cortical de 4.0 mm.⁹⁶

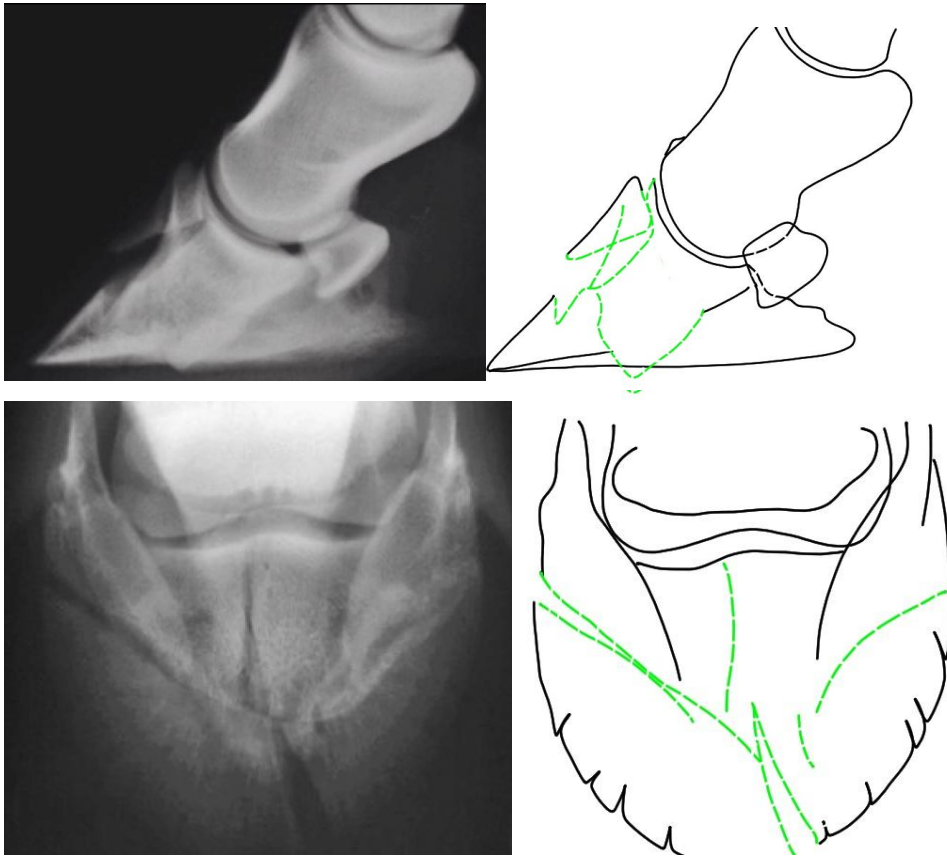


Fig. 10.28 Fractura tipo: 83C2 Falange distal articular multifragmentada
 Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando al menos dos tornillo de cortical de 4.0 o 4.5 mm.⁹⁶

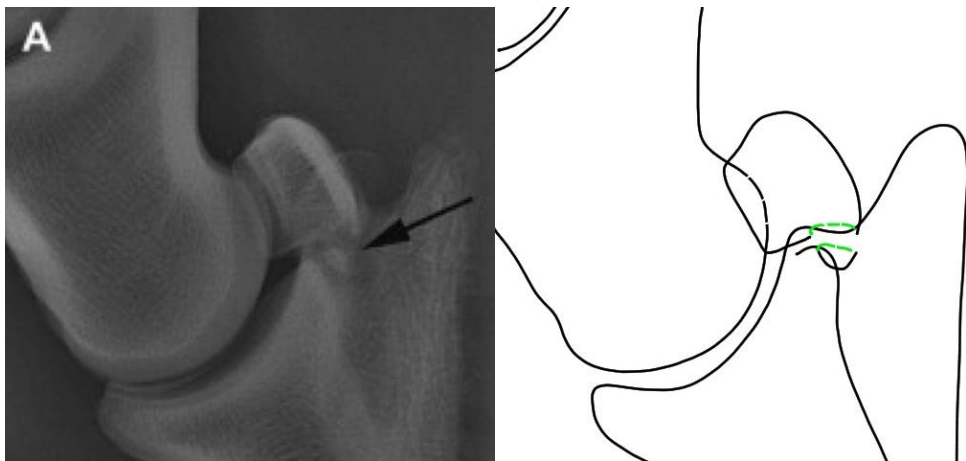


Fig. 10.29 Fractura tipo: 84A1 Sesamoideo distal, fragmento osteocondral en el borde distal

Indicación: Tratamiento médico: herraje de candado por 4 a 5 meses y/o fijación externa con fibra de vidrio⁹⁶

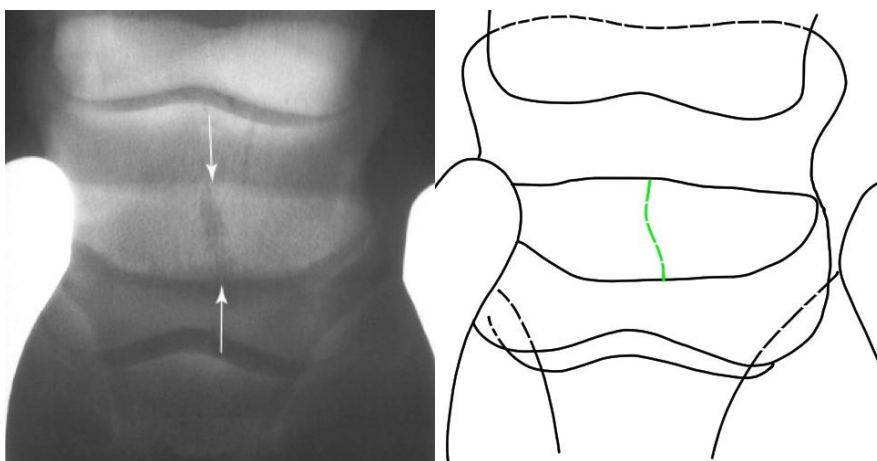


Fig. 10.30 Fractura tipo: 84B1 Sesamoideo distal articular simple de cuerpo medio
Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando un tornillo de cortical de 3.5 mm.⁹²

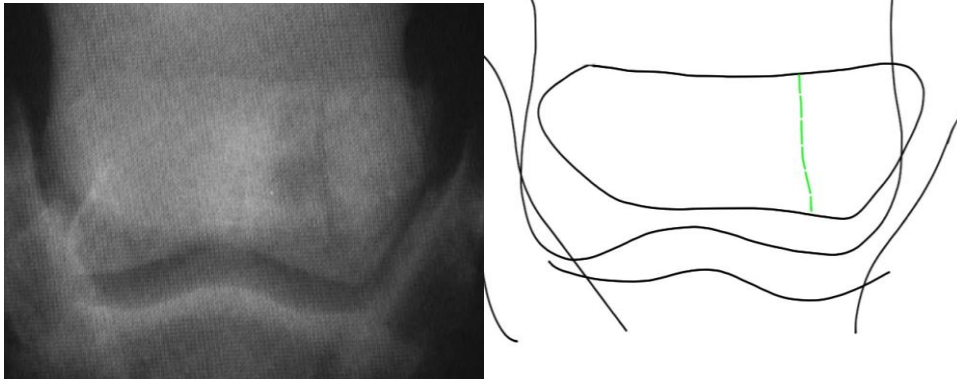


Fig. 10.31 Fractura tipo: 84B2 Sesamoideo distal articular simple de las eminencias laterales

Indicación: Tratamiento quirúrgico: fijación interna utilizando un tornillo de cortical de 3.5 mm.⁹⁶

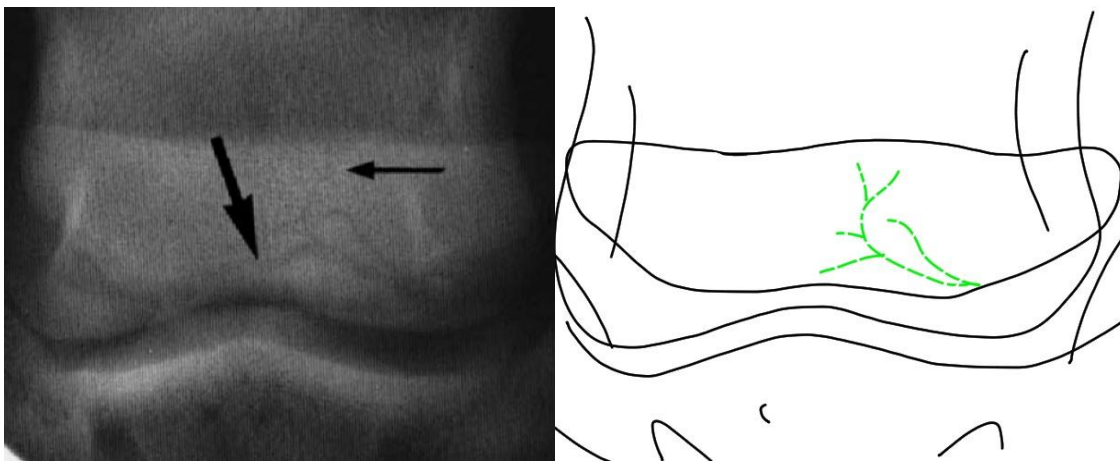


Fig. 10.32 Fractura tipo: 84B3 Sesamoideo distal articular simple multifragmentada

Indicación: Tratamiento médico: herraje de candado por 4 a 5 meses o fijación externa con fibra de vidrio.^{110,111,114}

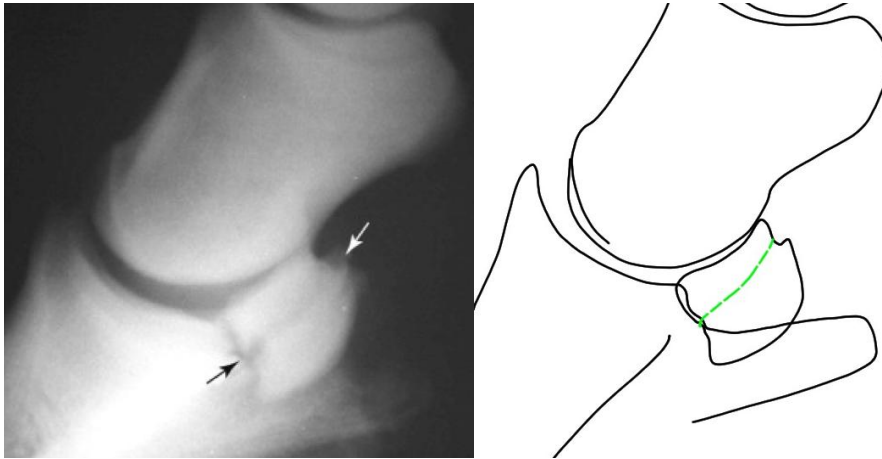


Fig. 10.33 Fractura tipo: 84C1 Sesamoideo distal, articular transversa

Indicación: Tratamiento médico: herraje de candado por 4 a 5 meses o fijación externa con fibra de vidrio.^{110,111,114}

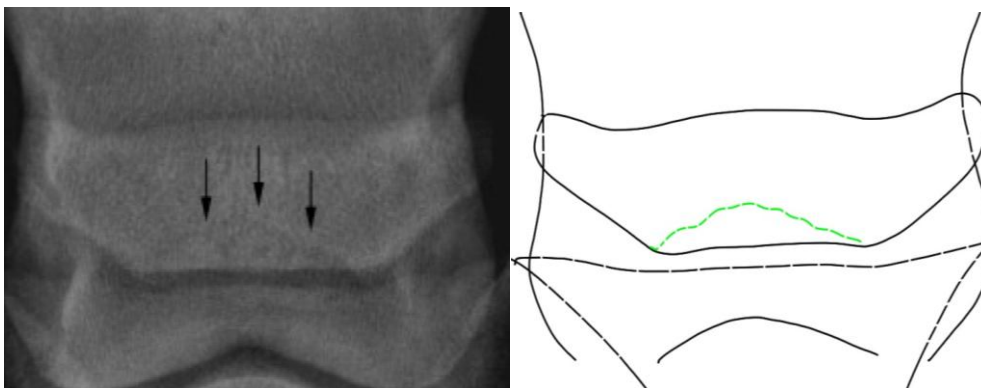


Fig. 10.34 Fractura tipo: 84C2 Sesamoideo distal, articular del borde flexor distal

Indicación: Tratamiento médico: herraje de candado por 4 a 5 meses o fijación externa con fibra de vidrio.^{110,111,114}

12 Principios de reparación de fracturas

12.1 Reparación de las fracturas

La reparación del hueso es un proceso complejo que involucra inflamación, condrogénesis, osteogénesis y remodelación. Este proceso conduce a la formación de diferentes tipos de tejidos y es afectado por varios factores intrínsecos así como condiciones en el medio ambiente externo, tales como la estabilidad de los fragmentos de hueso. ^{117,118}

El conocimiento de los principios biológicos involucrados en la reparación de las fracturas, es esencial para establecer protocolos de manejo y permitir que se logre un tratamiento exitoso. La reparación de una fractura consiste en la reconstitución de la estructura original y las propiedades materiales del hueso afectado e involucra un conjunto de diferentes procesos que pueden ser considerados como una reversión temporal al estado embrionario, lo cual conlleva a que la reparación de una fractura sea un proceso fisiológicamente único que resulta en la restauración sin cicatrices de tejido óseo. Los mecanismos controladores de este proceso de reparación están fundamentados en procesos biológicos que involucran estimulantes moleculares para favorecer la pronta movilización de células hacia el sitio de la fracturas como sucedería normalmente en una placa de crecimiento e incluye el reclutamiento de células desde fuera del hueso fracturado que participan en el proceso de reparación. ^{117,118}

La reparación de las fracturas sigue los principios que rigen el desarrollo embrionario y fetal del esqueleto, la cual tiene dos vías; la osificación intramembranosa y la osificación endocondral.¹¹⁸

12.1.1 Osificación intramembranosa

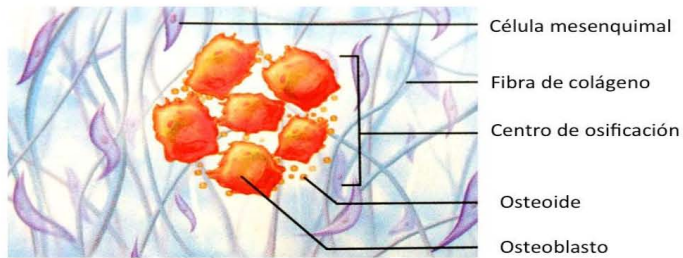
El proceso de osificación intramembranosa inician con las células madre mesenquimales (CMM). Una CMM es una célula no especializada cuya morfología sufre cambios característicos y se transforma en un osteoblasto; se encuentran dispersas dentro de una matriz extracelular desprovista de todo tipo de colágeno, excepto por unas pocas fibrillas, a continuación, un pequeño grupo de CMM adyacentes comienzan a replicarse hasta que han formado una agregación de células pequeñas y densas, llamado nódulo y se detiene la replicación. En este punto, se producen cambios en la morfología de las CMM hasta que eventualmente, todas las células muestran las características morfológicas de una célula osteoprogenitora.^{117,118}

En esta etapa de desarrollo, se producen más cambios en la morfología de las células osteoprogenitoras y comienzan a crear una matriz extracelular que contiene de fibras de colágeno tipo I. Esta matriz constituye la sustancia osteoide y las células que lo crearon son osteoblastos. Mientras que los osteoblastos recubren la periferia del nódulo, continúan formando sustancia osteoide en su centro y algunos de ellos se incorporan dentro de esta para convertirse en osteocitos.^{117,118}

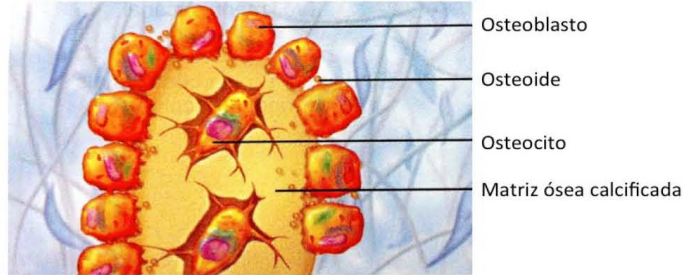
En este punto la sustancia osteoide se mineraliza formando una sustancia osteoide mineralizada que contiene osteocitos y está rodeado por los osteoblastos activos, convirtiéndose en tejido óseo rudimentario.

El proceso continúa con la formación de espículas óseas que finalmente se fusionan con las demás y se convierten en trabéculas. Se forma un núcleo y continúa el crecimiento del hueso en la superficie de las trabéculas. Al igual que las espículas, el crecimiento cada vez mayor de trabéculas resulta en la interconexión y formación de una red llamada tejido óseo. Finalmente, el tejido óseo es reemplazado por hueso laminar.^{117,118}

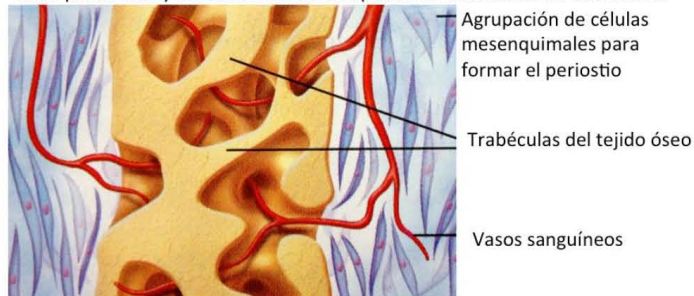
El periostio se forma alrededor de las trabéculas a partir de la diferenciación de las CMM. El centro primario de osificación es el área entre el periostio y el hueso donde se produce el crecimiento del hueso. Las células osteogénicas que se originan en el periostio aumentan el crecimiento en aposición y se forma un collar de hueso que con el tiempo el collar es mineralizado y forma hueso laminar.^{119,121} Fig. 11.1



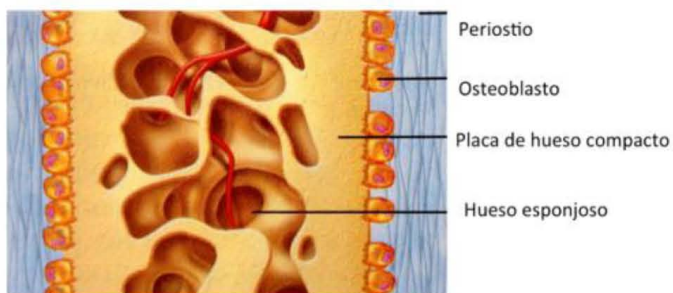
1. Los centros de osificación aparecen en la membrana del tejido conectivo fibroso
Células mesenquimales seleccionadas forman un grupo y se diferencian en osteoblastos para formar un centro de osificación



2. La matriz ósea (osteoide) se secreta dentro de la membrana fibrosa y es calcificada.
Los osteoblastos comienzan a secretar osteoide, que se calcifica dentro de unos pocos días y los osteoblastos atrapados se convierten en osteocitos.



3. Formación de tejido óseo y periostio
La acumulación de osteoide se establece entre los vasos sanguíneos de embriones de una manera aleatoria. El resultado es una red de trabéculas llamado tejido óseo
La células mesenquimales se agrupan en la cara externa del tejido óseo y se vascularizan para convertirse en el periostio



4. El tejido óseo es remplazado por hueso laminar, desde lo más profundo hasta el periostio, formando el hueso compacto
El hueso esponjoso persiste en el interior del hueso donde forma trabéculas que alberga la médula ósea hematopoyética

Fig. 11.1 Osificación intramembranosa.

Modificado de: MARIEB EN, HOEHM K. Human anatomy & physiology 2010

12.1.2 Osificación endocondral.

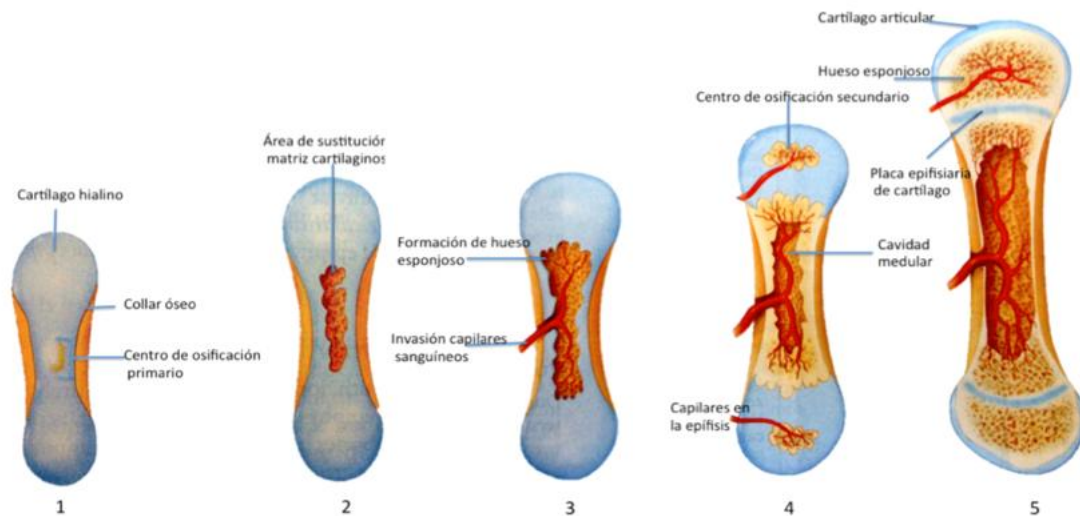
El proceso de osificación endocondral se produce a partir de un molde previo de cartílago hialino, que tiene una forma similar a la que tendrá el hueso final, y que está recubierta de pericondrio, una capa de tejido conectivo denso que envuelve al cartílago excepto en la superficie de las articulaciones. De ahí que a este proceso se lo denomine también osificación intracartilaginosa.^{117,118}

El desarrollo de la diáfisis ósea, se produce por invasión de capilares sanguíneos y de células osteogénicas, que se extienden por el espacio previamente ocupado por los condrocitos. Entonces, las células progenitoras se diferencian a osteoblastos que secretan la matriz ósea sobre el cartílago calcificado previamente. Así, las primeras trabéculas óseas tienen un eje central de cartílago recubierto por hueso, posteriormente se produce una migración de las células hacia los extremos dando lugar a las placas de crecimiento. En un paso posterior aparecen los centros de osificación secundarios en el cartílago que constituirán las futuras epífisis. El desarrollo de estos centros secundarios, denominados placas de crecimiento o epifisarias, se da del interior hacia el exterior. Se produce en la época perinatal, en la que las diáfisis de los huesos largos ya están formadas, por hueso compacto, mientras que en las epífisis se formará de hueso esponjoso.

¹²⁰Fig 11.2

Estos procesos son los principios que sigue el hueso para lograr la reparación de una fractura, dándole la habilidad única de sanar completamente después de una fractura, regresando así a su estructura tisular original y las propiedades mecánicas asociadas a diferencia de la piel, músculos y tendones que son incapaces de regenerarse completamente después de alguna lesión, y más bien

sanan con un tejido cicatrizante permanente. Existen factores locales y sistémicos influyen en la reparación de una fractura, los factores sistémicos incluyen edad, estado nutricional, niveles hormonales, nivel de actividad e integridad de la función neurovascular. Los factores locales incluyen el grado de trauma, la presencia de una lesión vascular, el tipo de hueso afectado, el nivel de hueso dañado o perdido, nivel de inmovilización, grado de contaminación, presencia de infecciones y condiciones patológicas locales.^{117,118}



1. Un collar óseo de forma alrededor de un modelo de cartilago hialino
2. El cartilago en centro de la diáfisis de calcifica y comienza a formar cavidades
3. El periostio comienza a recubrir las cavidades internas dando lugar a la formación de hueso esponjoso
4. La diáfisis se alarga formando la cavidad medular mientras la osificación continua, Los centros de osificación secundarios aparecen en las epifisis.
5. Osificación de las epifisis. Cuando la osificación se ha completado el cartilago hialino permanece solo en las placas epifisarias y el cartilago articular

Fig. 11.2 Osificación endocondral.

Modificado de: MARIEB EN, HOEHM K. Human anatomy & physiology 2010

12.2 Fases de la reparación de las fracturas.

La reparación de una fractura puede ser considerada como una serie de procesos que ocurren en secuencia pero que a menudo suceden de manera conjunta. Este proceso de reparación puede ser dividido en tres diferentes fases: inflamación, reparación y remodelación. El hueso reacciona a una fractura desde las primeras horas en que esta ocurre con una actividad uniforme de las células periólicas, esta reacción celular inicial es una respuesta fundamental del hueso a una lesión, y es llamada respuesta del callo primario.^{117,118} Fig. 11.3

12.2.1 Fase inflamatoria

La etapa inicial después de la lesión se caracteriza por la formación de un hematoma y la posterior inflamación. Actualmente se sabe que las células inmunes y sus factores secretados son cruciales para la respuesta fisiológica después de la lesión. Durante esta respuesta inflamatoria, las células y factores solubles del hematoma interactúan con las células progenitoras regenerativas.

Estas células progenitoras se encuentran en el periostio, el endostio, la médula ósea y los tejidos blandos circundantes, incluyendo tejido muscular. Estas células, junto con los factores de crecimiento osteoinductivos y condroinductivos promueven la formación y maduración del callo. El periostio es un tejido delgado que reviste la superficie exterior del hueso. Desde una perspectiva estructural es una membrana formada por una bicapa, donde la capa externa consiste principalmente de fibras de colágeno y elastina alineadas en la dirección longitudinal del eje del hueso, que sirven principalmente como estructura de soporte a las células que componen la capa más interna, es decir, la más cercana

al hueso y que consiste principalmente de células progenitoras que constantemente remodelan el hueso. Este tejido es altamente vascularizado, y su preservación es crucial para la reparación ósea normal. Es rico en osteoblastos y de precursores osteoblastos, los cuales son los encargados de depositar hueso nuevo en la matriz de la corteza exterior.¹²⁶ Aunque distintos derivados de médula ósea como células pluripotenciales han sido explotados en la medicina regenerativa para facilitar la reparación de lesiones ortopédicas, el periostio se reconoce ahora como una fuente atractiva de este tipo de células. En la última década, se han desarrollado modelos animales para evaluar los mecanismos del esqueleto para el reclutamiento de células madre progenitoras durante la reparación ósea y para poner a prueba los efectos terapéuticos de estas. Varios estudios revelaron que el potencial endógeno de regeneración de periostio es alto en comparación con la médula ósea y otras fuentes de células en la maduración del callo. La interacción entre los sistemas inmune y esquelético ha desarrollado un campo de investigación denominado osteoinmunología^{117,118,129}

La fase inflamatoria es el prerrequisito más importante para la fase de reparación de una fractura, y ocurre de manera similar que en los tejidos blandos cuando estos son lesionados, generalmente dentro de las primeras 2 a 3 semanas posteriores a la lesión. Si un deterioro grave de la fase inflamatoria se presenta, la recuperación del tejido estará comprometida. Durante esta fase, los mecanismos celulares necesarios para el proceso de reparación y protección contra infecciones se activan.

Si esta reacción inflamatoria es leve, se traduce en ondas de mensajeros químicos, como son las citocinas, factores del complemento, histamina,

serotonina, prostaglandinas, leucotrienos y la cascada de la coagulación contribuye con fibrina y fibrinopéptidos. A menudo estos elementos mediadores de la reacción inflamatoria causan vasodilatación, migración de leucocitos y quimiotaxis. Las plaquetas también contribuyen con factores de crecimiento, que son los responsables de iniciar la angiogénesis y proliferación de células mesenquimales. Al alcanzar los tejidos dañados, los granulocitos fagocitan y destruyen bacterias pero no contribuyen a la reparación. Los macrófagos y en menor proporción los linfocitos también juegan un papel importante no solo en la destrucción de bacterias sí no también en la estimulación de la reparación por medio de la liberación de factores angiogénicos y otros factores celulares de crecimiento.^{117,118}

12.2.2 Fase de reparación

Esta fase sucede de manera conjunta y posterior a la fase inflamatoria. Durante esta fase el proceso de reparación fisiológica de la fractura es altamente susceptible a los factores mecánicos, principalmente a la cantidad de movimiento interfragmentario. La fase de reparación completa puede ir desde dos a doce meses. El curso histológico natural de la reparación de una fractura sin inmovilización comienza con la estabilización interfragmentaria por medio de la formación de un callo perióstico y endóstico. Este proceso restaura la continuidad, y la unión ósea ocurre por osificación intramembranosa y endocondral.^{117,118}

12.2.3 Fase de remodelación

La fase de remodelación ocurre durante y después de la fase de reparación. Las áreas de hueso avascular y necrótico son reemplazadas por remodelación

haversiana. La alineación incorrecta de los fragmentos puede ser corregida hasta cierto grado por la remodelación del sitio de fractura y por adaptación funcional, particularmente en animales jóvenes con hueso que aun presenta un potencial de crecimiento. Cuando se produce una carga, las superficies convexas generan una carga positiva y atraen a los osteoclastos, mientras que las superficies cóncavas generan una carga negativa y atraen los osteoblastos. Por lo tanto, el hueso es removido de las superficies convexas y depositado en superficies cóncavas. Este proceso tiende a realinear el hueso después de la consolidación errónea de este. Es importante resaltar que la remodelación no es capaz de ocurrir de manera correcta en deformidades causadas por fuerzas que provocan torsión en el hueso.^{117,118}

Durante la fase inflamatoria de la reparación, el tejido del callo externo consiste en células mesenquimales primitivas, fibroblastos, macrófagos y vasos sanguíneos.¹²² El origen celular del callo perióstico, es controversial. Aunque la mayoría de los investigadores creen que el cambio de la capa perióstica juega un papel importante como fuente de células con potencial osteogénico y condrogénico. Los vasos sanguíneos del callo perióstico se originan a partir de tejidos extra esqueléticos circundantes (músculos) y de la cavidad medular. La angiogénesis involucra la migración y proliferación de células endoteliales, y el proceso puede ser estimulado por factores de crecimiento llamados angiogénicos. Un tejido con un gradiente de hipoxia parece ser esencial para mantener la angiogénesis en un tejido que esta sanando, la cual puede ser controlada por los macrófagos que producen factores de crecimiento angiogénicos bajo condiciones

de hipoxia. El callo de la fractura y la cavidad medular muestran una baja tensión de oxigenación tisular durante la formación del callo externo.^{117,118}

La inducción y proliferación de el callo perióstico indiferenciado es el primer paso crítico y la reparación de la fractura por un callo externo. La formación de tal callo se verá suprimida por inmovilizaciones rígidas y por el excesivo movimiento. La formación de este depende de muchos factores humorales, los más importantes, incluyen los periodos de inducción y proliferación del callo perióstico que ocurre durante las fases inflamatoria y de reparación, las cuales tienen una duración limitada.¹¹⁷

Durante la fase reparativa, el callo de tejido primario o primitivo muestra una rápida transformación condrogénica. Las células con potencial condrogénico representan condrocitos diferenciados de células primitivas mesenquimales a partir de señales creadas por el medio ambiente extracelular. El tamaño de callo externo primario corresponde a la del callo cartilaginoso así como al callo óseo final.¹¹⁷

El siguiente paso crítico para obtener la unión de la fractura es la estabilización del puente óseo entre los fragmentos. Y esto requiere la formación de un tejido fuerte, por lo cual debe crearse un sistema de inmovilización al menos momentáneamente durante el desarrollo del puente óseo, si esto no se cumple la insuficiente inmovilización de la fractura puede causar el desarrollo de una no unión hipertrófica por la persistencia del tejido fibroso. La transformación de el callo óseo fibroso entre los extremos del callo externo del puente de la fractura también pueden resultar en una no unión hipertrófica.¹¹⁷

Durante la osificación endocondral, la matriz ósea es formada por mineralización de la matriz cartilaginosa. El proceso involucra una invasión vascular dentro del fibrocartilago mineralizado donde este hueso recién formado es estructuralmente hueso trabecular inmaduro, caracterizado histológicamente por la falta de una estructura laminar.^{117,}

Durante el proceso de osificación del callo externo, la cantidad total de calcio por unidad de volumen se incrementa aproximadamente cuatro veces; la hidroxiprolina (un indicador de el contenido total de colágeno) se incrementa hasta dos veces y la resistencia de este callo en pruebas de extensión se incrementa hasta tres veces. El tamaño radiográfico de callo externo es un pobre preindicador de la fuerza de la fractura debido a la cantidad de componentes químicos que interactúan dentro del callo de la fractura. La restauración de la fuerza y rigidez después de la fractura parece estar más relacionada con la cantidad de hueso nuevo que conecta los fragmentos y menos con la cantidad total de callo que los une.^{117,120}

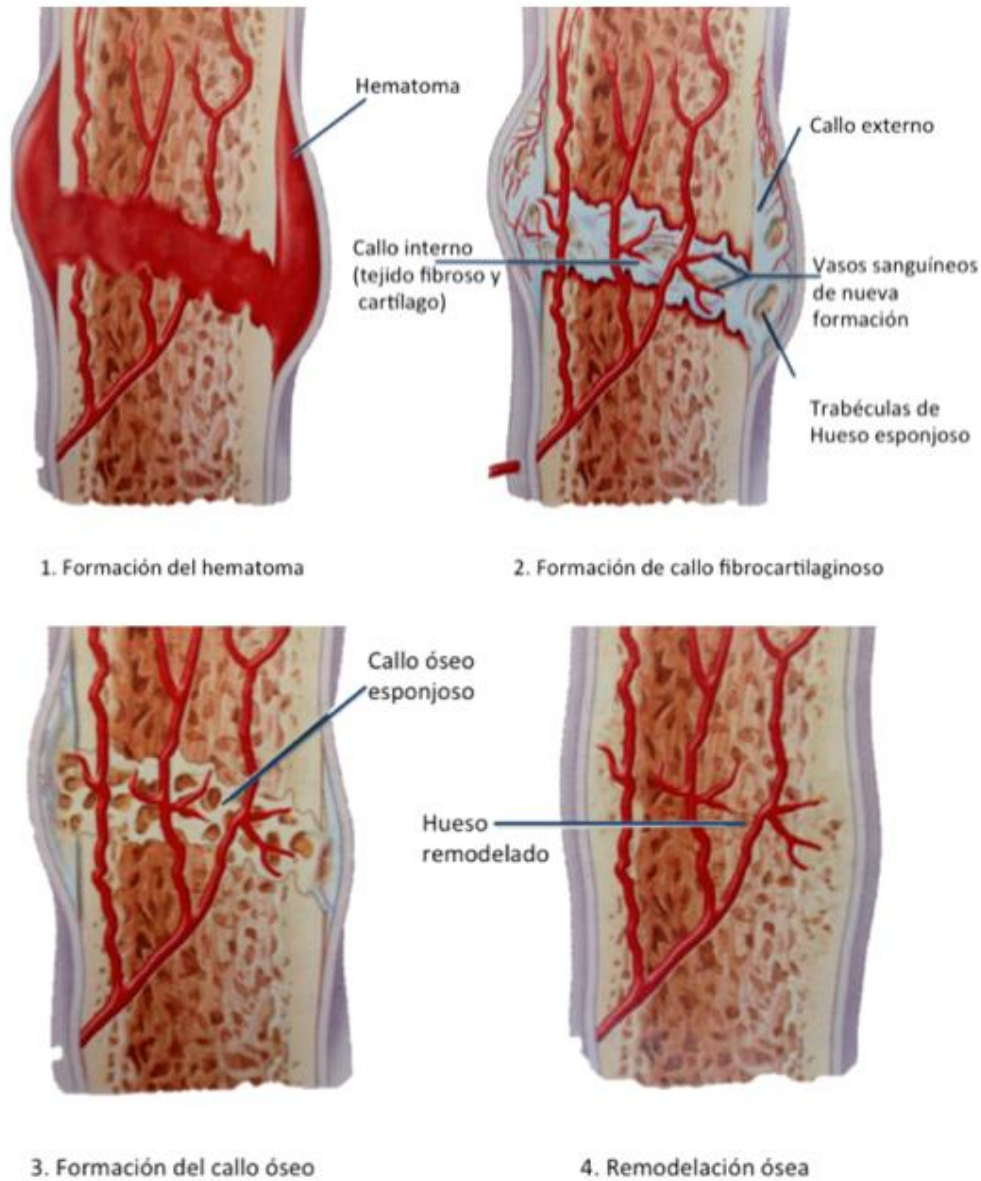


Fig. 11.3 Fases de la reparación de una fractura

Modificado de: MARIEB EN, HOEHM K. Human anatomy & physiology 2010

12.3 Proteínas estructurales y enzimas

Las proteínas estructurales y enzimas juegan un papel importante en la reparación de las fracturas. El hematoma y estado inflamatorio son responsables de la quimiotaxis de tipos celulares específicos. Existen distintos tipos de colágeno I, II,

III, V, IX y X son importantes en el desarrollo del hueso y la reparación de la fractura. Muy poco después de que la fractura ocurre, el colágeno de tipo II y V son producidos en la abertura de la fractura el colágeno tipo III es expresado por los fibroblastos, y es distribuido en general a través del callo reparativo El colágeno tipo V es encontrado en las regiones de formación de tejido fibroso asociado a los vasos sanguíneos. La presencia de este tipo de colágeno, por lo tanto es señal del crecimiento de nuevos vasos sanguíneos dentro de la fractura abierta. Las formas de colágeno que predominan en la abertura de la fractura son el tipo II y IX. El colágeno tipo II es solo encontrado en áreas donde se lleva a cabo la diferenciación de células condroides y es depositado cuando el cartílago maduro es producido. El colágeno tipo IX es depositado para estabilizar las intersecciones de colágeno tipo II. Cuando los condrocitos en la brecha de la fractura maduran y se hipertrofian, la síntesis de este tipo de colágeno ocurre primariamente en regiones donde el callo de la fractura ha experimentado vascularización y mineralización. La presencia de este tipo de colágeno es el marcador para el comienzo de la mineralización del tejido condroide. Para el final de la segunda semana de la reparación de la fractura, el colágeno tipo I, comienza a ser expresado indicando que los osteoblastos comienzan a hacerse activos en la brecha de fractura este estado de formación de hueso es entonces sustituido por la fase de remodelación que es donde la actividad osteoblástica y osteoclástica funcionan para la producción de un hueso mecánicamente funcional.^{117,118}

Existen otras 17 familias de proteínas no colágeno que están involucradas en la mineralización del hueso de nueva formación, durante la fase de reparación de la fracturas. Estas incluyen proteoglicanos, osteopontina, osteonectinas, proteínas

dependientes de vitamina k y proteínas dependientes de vitamina D(calbindina D_{9k}), así como enzimas y sus inhibidores (fosfatasa alcalina, metaloproteasas, y inhibidores tisulares de metaloproteinas TIMPs)

Una característica común en la formación endocondral de hueso, y que ocurre en la placa de crecimiento y dentro de la líneas de fracturas , es la progresiva alteración del contenido y propiedades de los proteoglicanos residentes en la matriz extracelular. Los dos principales tipos de proteoglicanos son expresados en el callo de la fractura, un proteoglicano pesado, condroitin 4-sulfato y uno ligero el dermatan sulfato. Durante las fases tempranas de reparación el dermatan sulfato es sintetizado por los fibroblastos proliferantes, hacia la segunda semana la producción de condroitin 4 sulfato por los condrocitos comienza a dominar en el callo. Para la tercera semana, cuando la calcificación del callo comienza, este sufre una dramática disminución en el número absoluto de proteoglicanos así como en proporción de agregados de estos dentro el callo. ^{117,118}

Las matrixinas también conocidas como metalopeptidasas o metaloproteinasas, son una familia de enzimas degradadoras de proteínas, que incluyen colagenasa, gelatinasa, y proteoglicanasa (stromelisina). Estas enzimas están involucradas en una amplia variedad de procesos de remodelación patológicos y normales. Estas son encontradas universalmente distribuidas entre las células mesenquimales de todos los tipos, incluido el hueso. Todas las enzimas de esta familia son inhibidas por otra familia de proteínas, los inhibidores tisulares de metaloproteinasas. Las matrixinas juegan un papel de vital importancia en la modificación estructural de los proteoglicanos para iniciar la mineralización. También se ha correlacionado con los picos de fosfatasa alcalina dentro del callo

de la fractura, que sugiere la importancia de esta enzima en preparar al callo para la calcificación.

La actividad de la fosfatasa alcalina esta directamente precedida por la deposición de la hidroxiapatita en el desarrollo del hueso endocondral y en modelos de reparación de fracturas experimentales. Esta causa la hidrólisis de los esteres de fosfato, elevando así las concentraciones locales de iones de fosfatos. Otro papel incluye la acción como agente para la transferencia de aniones de fosforo en la matriz orgánica y como un inactivador de los inhibidores de la mineralización.

El resto de las proteínas no colagenas incluyen la osteoponina, ostenequina y proteínas dependiente de la vitamina K y D. Las fosfoproteínas óseas, incluyen a la osteonequina y osteopontina, las cuales participan en la mineralización dentro del callo. La osteonequina es una glicoproteína con una alta afinidad por el colágeno de tipo I y un potente inhibidor de la formación de cristales de hidroxiapatita, también se ha demostrado experimentalmente la capacidad de precipitar iones de calcio y fosforo en soluciones. Esta proteína es expresada por los preosteoblastos y fases tempranas de los osteoblastos convirtiéndolo en un buen marcador de la diferenciación ósea temprana.¹²³

La osteopontina es una sialofosfoproteina encontrada solo en osteoblastos maduros, y es expresada cuando los osteoblastos también producen osteocalcina y fosfatasa alcalina. Esta juega un papel importante en el inicio de la calcificación. Y, también se ha visto que influye en el anclaje de los osteoclastos al hueso por la activación de receptores a las integrinas en la superficie celular. La osteopontina también mejora la eliminación de cartílago calcificado que es remplazado por

hueso. Por lo tanto esta tiene un importante papel durante la remodelación ósea en la reparación de una fractura.

La proteína dependiente de vitamina K, osteocalcina (proteína ósea gama carboxiglutamato) y la proteína de matriz gamma carbocimetil glutamato (Gla) son reguladoras de la mineralización pero también participan en la remodelación ósea. La osteocalcina es expresada solo por osteoblastos y es fuertemente responsable de la activación de resorción ósea a través de la activación osteoclástica. La proteína de matriz Gla es encontrada tanto en hueso como en cartílago y ayuda a prevenir la calcificación prematura del cartílago.¹²⁰

La proteína dependiente de vitamina D, calbindina D_{k9} , es expresada por los condrocitos maduros y está involucrada en el transporte de calcio a los sitios de mineralización. La concentración citoplasmática de calbindina D_{k9} disminuye a medida que los condrocitos experimentan hipertrofia, y parece migran dentro de vesículas en la matriz donde se cree que inician los depósitos de minerales.¹²⁰

La esclerostina, es una proteína secretada principalmente por los osteocitos, como un regulador negativo en la diferenciación de osteoblastos y su función, por lo tanto, actúa como inhibidor de la formación de hueso. En los seres humanos con deficiencia de esclerostina (esclerosteosis) tienen un aumento de la masa ósea y son resistentes a las fracturas. Aunque el mecanismo por el cual la esclerostina regula negativamente la formación de hueso es un área de investigación continua, un cuerpo de investigación apoya la hipótesis de que la esclerostina se une al receptor LRP5/6 para inhibir la señalización de los receptores Wnt β catenina, lo cual afecta la diferenciación osteoblástica y su función.^{118,125}

La Conexina 43 (Cx43) es la proteína más abundante en las fisuras óseas. Esta conexina 43 se ha demostrado que desempeña papeles importantes en la formación de hueso y la homeostasis incluyendo la regulación de la proliferación osteoblástica su diferenciación y su supervivencia.¹²⁴

12.4 Factores de crecimiento, citocinas y prostaglandinas.

Los factores de crecimiento, citocinas y prostaglandinas desarrollan un papel de crucial importancia durante la reparación de una fractura, estos pueden dividirse con base en su función en factores de competencia, factores de progresión, factores mitogénicos y factores de diferenciación. El factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) y el factor de crecimiento fibroblástico (FGF) son factores de competencia que llevan a cabo la señalización en células mesénquimales para pasar de G_0 a G_1 haciéndolas competentes para la respuesta a otros factores de crecimiento. Los factores progresivos como el factor de crecimiento transformante Beta ($TGF-\beta$) lleva a las células en G_1 a entrar en la fase S provocando la replicación de las mismas, el factor de crecimiento epidérmico (EGF) y el factor de crecimiento parecido a la insulina I (IGF-I), IGF-II, FGF, PDGF y $TGF-\beta$ son todos ellos factores mitogénicos que mantienen la división celular y el estado de proliferación de las células. Tanto el IGF-I como él y IGF-II son vigorosos promotores de la síntesis de la matriz cartilaginosa que pueden sostener la producción de colágeno tipo II en la matriz extra celular. Finalmente los factores de diferenciación actúan en la proliferación de células troncales pluripotenciales causando en éstas una maduración y diferenciación a varios tipos de células especializadas que están involucradas en la reparación de las fracturas. Las

proteínas óseas morfogenéticas (BMPs), han sido utilizadas para tratar complicaciones asociadas a las fracturas tales como retardos en la unión y no uniones.; algunas proteínas de la superfamilia de las TGF- β pueden ser agrupados dentro de esta clase.^{117,118}

Las citocinas también son importantes en la reparación de las fracturas estas incluyen el factor estimulador de colonia de macrófagos (M-CSF), la interleucina 1 (IL-1), el factor estimulador de colonias de macrófagos y granulocitos (GM-CSF) y la interleucina 6 (IL-6). El factor M-CSF es importante para el desarrollo de las colonias de macrófagos que son los responsables de la producción de la IL-1 mientras que el factor GM-CSF se encarga de promover la formación de colonias de macrófagos, neutrófilos y eosinófilos que juegan un papel importante durante la fase inflamatoria de la reparación de las fracturas. La IL-1 es importante para la producción de la colagenasa y proteoglicanasa, además de también estimular la producción de la prostaglandina E₂ (PGE)₂. La IL-1 es un facilitador de la diferenciación, supresor de la proliferación celular de condrocitos y retroalimentador negativo de la expresión de colágeno tipo II y IX. Aunque la IL-1 ayuda en la producción de PGE₂ este generalmente actúa como un retroalimentador negativo de la producción de prostaglandinas. Esto ha sido demostrado con el uso de aines que inhiben la actividad de la cicloxigenasa (COX) COX-1 y COX-2.¹²⁷ Estas enzimas juegan un papel crítico en la síntesis de los prostaglandinas (PGs) a partir del ácido araquidónico. Mientras que la COX-1 es continuamente expresada, desempeña un papel homeostático en el hueso, y la COX-2 es de expresión inducida por factores mitógenos y citocinas inflamatorias para regular el alza en la síntesis de PG durante la reparación, así como en la

configuración de la inflamación y la tumorigénesis. Los niveles de IL-1 alcanzan su pico al día 14 después de la fractura cuando los niveles de metaloproteínas están más elevados. La IL-6 induce la producción de TIMPs y es un regulador autocrino de la producción de la IL-1.^{117,118}

Se ha demostrado que las prostaglandinas tienen un papel importante como mediadores bifásicos del metabolismo y homeostasis ósea. Éstas se encuentran relacionados durante el período inmediato después de la fractura y son potentes estimuladores de la resorción ósea por medio de la estimulación de macrófagos y la diferenciación secundaria de osteoclastos. En contraste con esto el papel de resorción las prostaglandinas se ha demostrado que también intervienen en la formación del callo perióstico.

12.5 Mecanismos de unión de la fractura

Se sabe desde hace más de 30 años que la compresión con placas rígidas en una osteotomía inhibe la formación del callo óseo y los extremos del hueso son unidos directamente por una remodelación haversiana en las áreas de contacto (recuperación por contacto) y áreas de no contacto (recuperación en brechas). Subsecuentemente la recuperación de la fractura ha sido dividida en dos patrones: el primario (directo) y el secundario (indirecto o espontáneo). La reparación secundaria de una fractura involucra la recuperación con un callo perióstico y endostico, es considerado secundario debido a que existe un tejido intermediario fibroso o fibrocartilaginoso que es formado inicialmente entre los fragmentos de la fractura y que es posteriormente por hueso de nueva formación.¹¹⁷

El principal objetivo en la reparación una fractura es la reconstrucción estructural y funcional normal del hueso cortical. Debido al daño que sufre el hueso y los tejidos blandos circundantes durante el trauma los extremos corticales en el sitio de la fractura se vuelven avasculares y necróticos durante las etapas iniciales de la reparación.

A pesar de que este compromiso vascular que es inevitable, esto no impide que los extremos avasculares de la fractura jueguen un papel importante, mecánicamente sirven para desarrollar un elemento mecánico de soporte y permiten desarrollar una fijación. La remodelación haversiana tiene dos funciones principales, la primera es la revascularización de los extremos necróticos caóticos y la segunda es la reconstitución de la brecha intracortical. Existen tres requerimientos para que la remodelación haversiana cruce el sitio de la fractura: el primero es la reducción apropiada, es decir, un alineamiento axial de los extremos, el segundo es una fijación rígida y el tercero es un aporte sanguíneo correcto. El crecimiento de los osteones secundarios tiene un tiempo variable en cada una de las especies sin embargo siempre hay un periodo de retraso antes de la activación de la remodelación haversiana durante la reparación de las fracturas, se ha postulado que la activación de la remodelación haversiana está relacionada con el daño al tejido en el sitio la fractura es decir con la necrosis avascular. Los fragmentos que son privados de un aporte sanguíneo por un período demasiado largo no pueden ser remodelados por varios años, esta es una importante observación que claramente muestra que la señal para el crecimiento de los osteones secundarios después de una fractura es tiempo dependiente

confirmándose esta teoría por la inducción biomecánica de remodelación haversiana.¹¹⁷

El crecimiento de las osteonas secundarias comienza a partir de un fragmento hacia otro sin que necesariamente exista un contacto inicial entre estos fragmentos ya que incluso después de una perfecta reducción y compresión estos fragmentos siempre tendrán incongruencias en el sitio de la fractura que resultan en pequeñas brechas interceptadas con áreas de contacto. Estas pequeñas fisuras son llenadas finalmente dentro de unas semanas después de que ocurra la fractura mediante la formación de hueso laminar o tejido óseo. Este tejido óseo formado para rellenar los espacios en la brechas, no hacen la unión final de la fractura. El límite entre el hueso de nueva formación y la corteza original es un débil enlace del proceso de unión en esta etapa de la reparación. Los osteones secundarios usan el tejido óseo entre las brechas como un andamio para crecer desde un fragmento hacia otro, aunque este es un paso crucial para la unión final el crecimiento los osteones secundarios resulta paradójicamente en una reducción obligatoria y transitoria de la densidad del hueso cortical, este hueso recién formado en la brecha también muestra un cambio poroso como parte del proceso de unión.

La unión de una fractura puede llevarse a cabo por medio de muchas combinaciones de tratamientos y distintas vías para lograr la unión final, sin embargo la elección de uno de estos mecanismos para la recuperación debe tomarse en cuenta considerando muchos factores los cuales deben incluir la experiencia y habilidad de los cirujanos; así como la edad del animal y propósito de uso del animal, el valor del mismo, el carácter y actitud del paciente por

mencionar algunos que juegan un papel importante en el método de elección para la fijación de estas, y aunque los sistemas biológicos por si solos parece tener un alto nivel de tolerancia y adaptabilidad para incluso las más adversas condiciones es fundamental que se conozcan los principios biológicos y biomecánicos que rigen la recuperación de una fractura, lo cual será muy útil para establecer un pronostico más certero.¹¹⁸

13 Principios del tratamiento de fracturas.

13.1 Estabilización de fracturas.

Las fracturas son frecuentemente diagnosticadas en caballos y requieren primeros auxilios. Debido a que los caballos no deambulan fácilmente en tres miembros y muestran una gran ansiedad por la incapacidad de apoyar un miembro fracturado, potencialmente pueden resultar en lesiones adicionales. Los primeros auxilios deben ser dirigidos a minimizar daños adicionales, mantener la posición y condición física que facilite la reparación y el transporte.¹³⁰

Este manejo inicial se enfoca a prevenir el daño de los elementos neurales y vasculares del miembro, prevenir la penetración de la piel, minimizar los fragmentos y la contaminación si es que existen heridas, disminuir la ansiedad del animal por la estabilización del miembro fracturado, y minimizar el daño adicional a los extremos del hueso y de los tejidos blandos circundantes.¹³⁰

La mayoría de estos puntos pueden ser logrados con una apropiada estabilización de la fractura mediante la colocación de un fijación externa. Sin embargo en las porciones proximales de los miembros es casi imposible colocar una fijación externa, afortunadamente estos huesos se encuentran rodeados por grandes grupos musculares que proporcionan una inherente estabilidad a la fractura y por lo tanto la estabilización adicional es menos necesaria.^{130,131}

La inmovilización tiene muchos propósitos. En equinos el más importante es preservar la vascularización del miembro y prevenir la hemorragia en el sitio de fractura. Las hemorragias severas son poco comunes, pero la trombosis vascular

dada por el estiramiento o trauma directo es más frecuente. La inmovilización también reduce la ansiedad al permitir al caballo tener control del miembro siempre que este no sea demasiado pesado. Una vez estabilizado la mayoría de los caballos tratan de mantener el miembro en la posición correcta lo cual causa un menor daño a tejidos blandos y al hueso.¹³⁰

Probablemente el propósito más importante de la inmovilización es prevenir el desarrollo de una fractura expuesta. La pérdida de la integridad de la piel que cubre la fractura predispone a infección, especialmente si una fijación interna fue realizada. La piel del caballo es delgada y rápidamente penetrada por fragmentos agudos y donde existen escasos tejidos blandos que den soporte, poca musculatura, estas regiones se encuentran por debajo de carpos y tarsos. En general fracturas de la falange distal, y aquellas más proximales al húmero, ulna y fémur raramente son abiertas(expuestas). Lo cual sugiere que una apropiada inmovilización de una fractura que involucra metacarpos/metatarsos, radio y tibia es más crítica para prevenir el desarrollo de una fractura abierta durante el transporte. Para lograr una correcta inmovilización es correcto dividir los miembros en regiones anatómicas que abarque la articulación proximal y distal al sitio de la fractura de ser posible.¹³¹⁻¹³³ Fig. 12.1

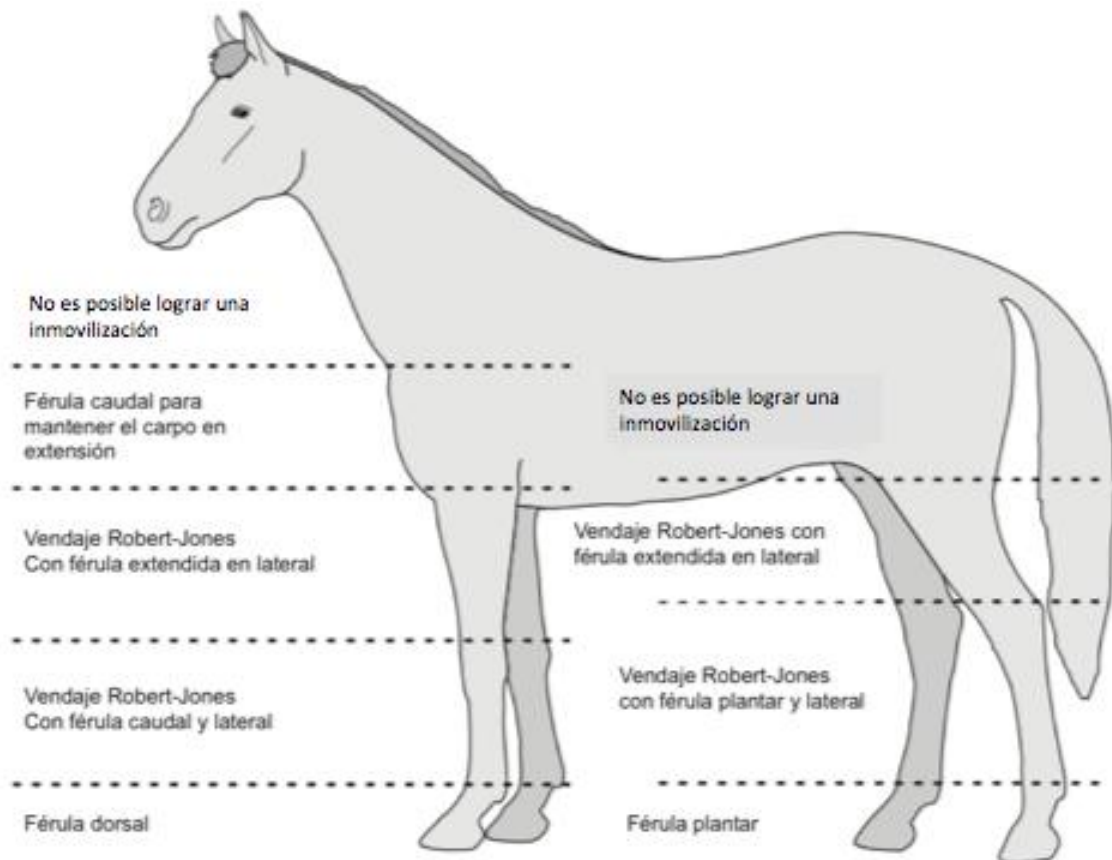


Fig. 12.1 División funcional para fijación externa de fracturas en los miembros

13.1.1 Falanges y porción distal del metacarpo

Las falanges y la porción distal del metacarpo es probablemente el sitio más común de fracturas en los équidos, y biomecánicamente este es dominado por el ángulo de la articulación metacarpo falángica. Por lo que una buena fijación externa debe intentar contrarrestar la fuerza de flexión del menudillo. Una cama de algodón combinada con un vendaje de Robert-Jones modificado con un soporte rígido colocado dorsalmente o una combinación con vendas de fibra de vidrio o yeso con el miembro mantenido en una línea recta desde el carpo hasta el casco da una óptima inmovilización.¹³¹⁻¹³³

Un vendaje ligero con un mínimo de cama debe ser usado en una férula combinada. Mientras que un cama de algodón regular es aplicado cuando se usa un soporte rígido dorsal. Se debe tener cuidado de no aplicar demasiado relleno debido a que los fragmentos pueden llegar a moverse a través de un vendaje voluminoso. Además de dificultar el movimiento del miembro y predisponer a daños adicionales.¹³¹⁻¹³³

Para facilitar la aplicación de la fijación. Un asistente debe mantener elevada la porción proximal del miembro desde el carpo y el soporte colocado en el aspecto dorsal del miembro desde el carpo hasta el casco asegurándolo con cinta adhesiva. Fig. 12.2 Las vendas de fibra de vidrio o yeso son colocadas en todo el aspecto distal del miembro para dar una mejor estabilización. Alternativamente una férula Kimzey o una bota de compresión también pueden ser usadas para estabilizar fracturas en esta zona. Fig. 12.3 Las desventajas de estas férulas comerciales son que son más costosas que las hechas solo para una sola colocación, pero permiten ser usadas para caballos de distintas tallas.

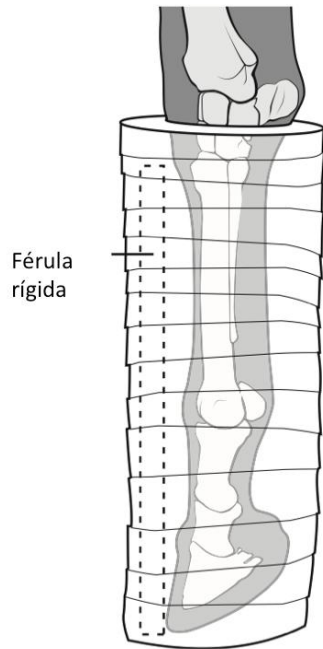


Fig. 12.2 Férula dorsal para evitar que las fuerzas de flexión menudillo en fracturas distales de las extremidades (extremidad anterior).



Fig. 12.3 Férulas comerciales utilizadas para estabilizar e inmovilizar la porción distal de los Miembros.

- A. Férula Kimzey Leg Saver
- B. Bota de compresión

13.1.2 Desde la porción media del metacarpo hasta la porción distal del radio

Fracturas en la porción media de los miembros se estabilizan mejor con un vendaje de Robert Jones combinado con soportes de PVC aplicadas en el aspecto caudal y lateral. Este vendaje debe aplicarse en varias capas, y cada capa de relleno no mayor a una 1 pulgada de espesor, comprimida con una venda elástica para aumentar su rigidez. El vendaje debe contener sólo suficiente relleno para ayudar a reducir la inflamación en las extremidades y protegerla del material de los soportes. Las férulas deben abarcar desde el codo al piso, tener un ángulo de 90° entre sí y fijarse firmemente al vendaje para ayudar a prevenir el movimiento de la fractura durante el transporte. ¹³¹⁻¹³³

Las fracturas en este lugar tienen la ventaja de tener las porciones más distales y proximales de la extremidad por encima y por debajo del sitio de la fractura, que puede facilitar la aplicación de férulas. Sin embargo, debido a la poca cantidad de tejidos blandos, las fracturas cerradas en esta región pueden convertirse fácilmente en expuestas si no se inmovilizan adecuadamente. Esto es importante en los potros ya que su piel es más fina y ofrece menor resistencia a la penetración del hueso. ¹³¹⁻¹³⁴

13.1.3 Porción media y proximal del radio

En esta porción la prevención de la abducción de la extremidad distal es la meta cuando inmovilizan las fracturas. Esto se logra mejor mediante la aplicación de un vendaje de Robert-Jones similar al utilizado en la porción media del miembro, pero la soporte colocado en la porción lateral es extendida hasta abarcar toda porción el aspecto lateral del hombro y escápula y sujetarse firmemente en el miembro

toracico a nivel de la axila Fig.12.3, este soporte puede ser una tabla de 15 a 20 cm de ancho, también debe colocarse un soporte que se extienda desde el suelo hasta el codo en el aspecto caudal de la extremidad para proporcionar estabilidad adicional a la fractura.¹³¹⁻¹³⁴

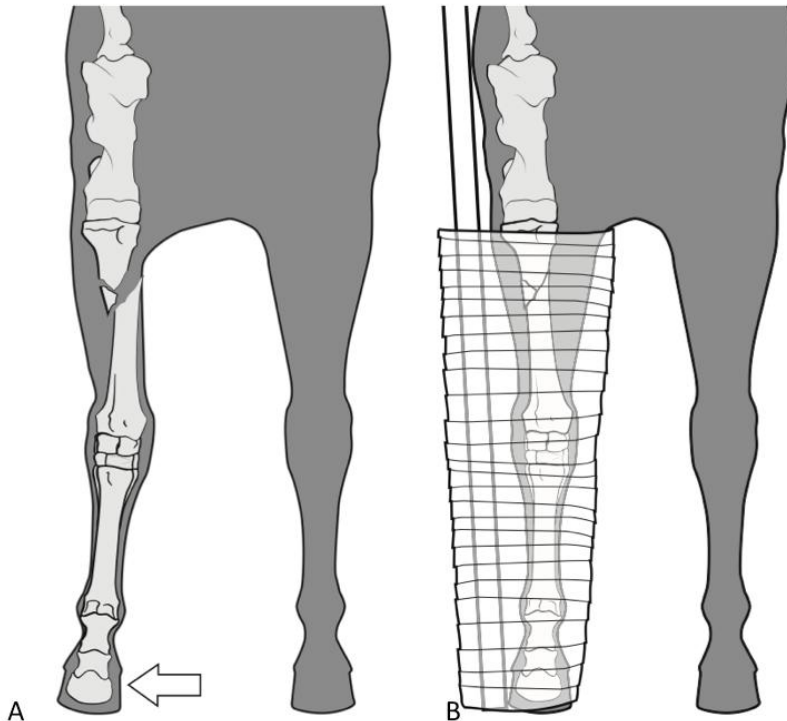


Fig. 12.4 Férula lateral para la estabilización de una fractura de la porción media y proximal del radio. (A) la abducción de la extremidad resulta en desplazamiento de la fractura a través de la piel delgada en la cara medial de la extremidad. (B) vendaje Robert-Jones con férula lateral ampliada impide la abducción de la extremidad.

13.1.4 Porción proximal del miembro hasta el codo.

El húmero y el radio están bien protegidos por los músculos, que inherentemente los estabilizan y protegen de las fracturas. Sin embargo, las fracturas completas de estos huesos afectan el músculo tríceps, haciendo imposible para el caballo apoyar peso. Restaurar la función del tríceps reduce la ansiedad de animales afectados y les permite utilizar la extremidad para mantener el equilibrio durante el transporte. Un vendaje de algodón y un soporte que abarque el miembro completo

caudalmente puede ser aplicada para mantener el carpo extendido y restaurar la función del músculo tríceps. Fig. 12.4 Algunos caballos con fracturas de la ulna son capaces de apoyar el peso en la extremidad después de la colocación de la fijación externa, pero caminar continúa siendo difícil. No todas las fracturas en estos sitios requieren estabilización porque el riesgo de penetración en la piel es extremadamente bajo, y en el caso de los potros es posible que no tenga la fuerza para mover el miembro con la fijación colocada.¹³¹⁻¹³⁴

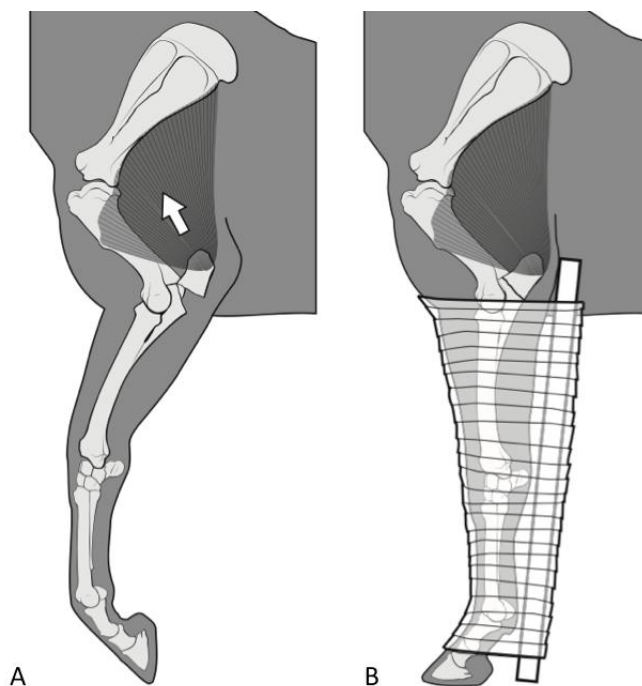


Fig. 12.3 (A) Una fractura completa de olecranon resulta en la pérdida de la función del tríceps. (B) una férula caudal estabiliza el carpo en extensión y permite la carga de peso.

13.1.5 Falanges y porción distal del metatarso

Las fracturas en la porción distal del miembro pélvico pueden inmovilizarse de manera semejantemente al miembro torácico excepto que el soporte se colocar en

la superficie plantar de la extremidad.^{131,132}

13.1.6 Porción media y proximal del metatarso

Un vendaje Robert-Jones con soportes de PVC aplicadas lateral y caudalmente en donde se usa el tarso fibular como una extensión caudal del metatarso para proporcionar un soporte adecuado, Fig. 12.5 ya que este vendaje debe ser menos extenso que en el miembro anterior porque de los contrario puede ser difícil garantizar la fijación con un vendaje abundante.¹³¹⁻¹³⁴

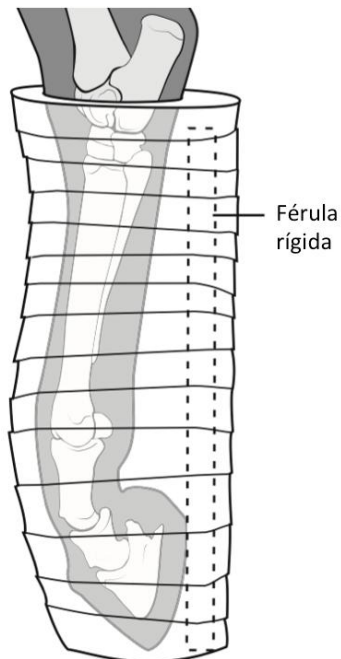


Fig. 12.5 Férula plantar para la estabilización de fracturas de nivel 1 de la extremidad posterior.

13.1.7 Tarsos y tibia

Las fracturas en el tarso y la tibia son particularmente difíciles de estabilizar adecuadamente por el efecto recíproco que ejerce la articulación de la babilla, en estas situaciones las fracturas tienden a colapsarse cuando se flexiona la babilla, y el tarso permanece en una posición fija. La meta es lograr una estabilización

similar a la utilizada en radio, que consiste en prevenir la abducción del aspecto distal de la extremidad. Para evitarlo, una sola férula rígida colocada lateralmente que siga la angulación de la extremidad y proximalmente se extiende por encima de la babilla es más eficaz. Un vendaje de Robert-Jones modificado o una férula de Schroeder-Thomas pueden brindar una inmovilización adecuada. ¹³¹⁻¹³⁴Fig.

12.6

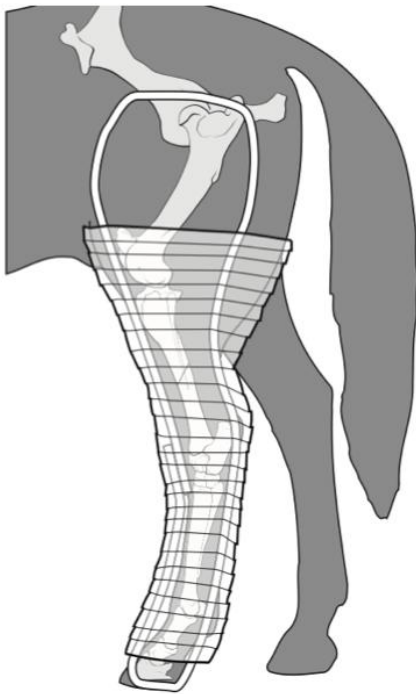


Fig. 12.6 Férula lateral en la extremidad posterior adecuada para la estabilización de las fracturas tibiales.

13.2 Osteosíntesis en equinos.

El tratamiento de fracturas en grandes especies, particularmente en caballos está plagado de dificultades, especialmente al tratarse de la reparación de hueso largos en animales adultos, los cirujanos deben trabajar con los límites mecánicos de los

dispositivos de fijación, la limitante del abordaje para algunas áreas con grandes masas musculares o el caso contrario donde las áreas poseen una pobre irrigación y cubierta de tejidos blandos. Estos factores dan como resultado una precaria estabilidad, la cual esta acompañada por la lenta respuesta de curación de estas regiones e incrementa el riesgo de una falla en la fijación antes de que la unión de la fractura ocurra. Adicionalmente se cuenta con factores que no contemplan los ortopedistas humanos como el hecho de tener que soportar peso sobre el miembro afectado después de la cirugía, o los ortopedistas de pequeñas especies donde los implantes usados son por lo general mucho más fuertes de lo que podrían necesitar, por lo tanto los cirujanos equinos deben comprender los mecanismos que generan una fractura y como ocurre la reparación de estas.¹³⁵

13.2.1 Objetivos del tratamiento

El objetivo fundamental del tratamiento de las fracturas es restaurar completamente la función del miembro afectado,(toda fractura es una combinación de lesiones óseas y de tejidos blandos) inmediatamente después de que esta se produce y durante las fases reparativas cuando aparecen trastornos circulatorios locales, manifestaciones inflamatorias y dolor, con la consiguiente inmovilización refleja del miembro, estos tres trastornos asociados a las perdida de sollicitaciones fisiológicas del hueso, articulaciones y músculos conducen a la enfermedad fracturaria, es decir edema crónico, atrofia de los tejidos blandos, osteoporosis y rigidez articular, es por eso que en el tratamiento debe no solo considerarse la fractura sino también las reacciones locales orgánicas que conlleva.

Los movimientos activos indoloros llevan a una rápida normalización de la circulación del hueso y de tejidos blandos, aumentan la nutrición del cartílago articular presionando la entrada del líquido sinovial y disminuyen la osteoporosis del hueso fracturado, manteniendo así el balance entre la destrucción y formación del tejido óseo. Una osteosíntesis estable cumple su cometido, solamente, cuando se prescindan de una fijación externa y cuando posibilite los movimientos activos e indoloros del músculo y articulaciones, este postulado constituye el principio fundamental de la AO, y se cumple mediante una estabilización de los fragmentos óseos durante el periodo de tiempo necesario para la consolidación de la fractura, entendiéndose por estabilidad no solo una adaptación fragmentaria sino también la falta de movimientos microscópicos entre los fragmentos óseos, la reparación de una fractura está por lo tanto basada en el principio mecánico de la estabilidad y sobre el postulado biológico de la vascularización que permiten una perfecta curación ósea.¹³⁵

Dentro de los objetivos de la reparación de fracturas se incluyen:

Restauración de la función la cual puede ser lograda, mediante:

- Reducción anatómica de los fragmentos, en especial en fracturas articulares.
- Mantenimiento de la vascularización de fragmentos óseos y de los tejidos blandos a través de una técnica quirúrgica y atraumática
- Osteosíntesis estable, respetando la situación biomecánica local y normal
- Movilización activa precoz e indolora de los músculos y las articulaciones vecinas a la fractura para evitar la enfermedad fracturaria

13.2.2 Planeación y toma de decisiones

Las técnicas de fijación externa pueden ser utilizadas como tratamiento, además de formar porción de los primeros auxilios, estas pueden utilizarse de manera única o como coadyuvantes a las fijaciones internas que se utilizan para crear la osteosíntesis.^{137,138}

La osteosíntesis es la reducción y la fijación de una fractura de hueso con dispositivos implantados que están generalmente hechas de metal. Es un procedimiento quirúrgico con un abordaje abierto o percutáneo para el hueso fracturado que pretende acercar los extremos fracturados del hueso y mantenerlos juntos inmovilizando la fractura, mientras que su reparación se lleva a cabo. En una fractura que se inmoviliza rígidamente esta se repara por el proceso de osificación intramembranosa, esto puede ser conseguido mediante un tratamiento quirúrgico de fracturas, en el que las fracturas son reducidas y fijadas en forma estable. Para ello se utiliza la implantación de diferentes dispositivos tales como placas, clavos, tornillos, alambre ortopédico.¹³⁶

El principal objetivo del tratamiento de una fractura es la rápida y completa recuperación de la función del miembro afectado restaurando la alineación del miembro y estabilizando la fractura, la alineación normal del miembro se consigue conservando la longitud y orientación normales del mismo, la clave para lograr esto es una planeación detallada del proceso quirúrgico completo así como de los cuidados postoperatorios necesarios; una falla en esta planeación y en la anticipación de los problemas asociados con la reparación de la fractura consistentemente resulta en un tiempo de operación prolongado, excesivo daño a los tejidos blandos y errores técnicos, un cirujano mal preparado invariablemente

tiene un mayor número de complicaciones sin importar su experiencia; éstas pueden ser infecciones, falla de los implantes, retrasos en la unión y no uniones.

La fractura debe ser evaluada para determinar las fuerzas mecánicas que actúan en el hueso, es necesario el uso de vistas ortogonales que incluyan la articulación proximal y distal si es posible, para de este modo poder establecer un análisis completo de la fractura en algunas ocasiones es de utilidad la radiografía del miembro contralateral para evaluar fracturas complejas, articulares o simples en aquellos huesos que poseen un curvatura peculiar de manera natural.¹³⁶

El cirujano debe buscar la completa reconstrucción de la columna ósea, lo cual permitira la restauración del hueso y lograr aque éste pueda soportar la carga de peso sin comprometer la función de los implantes protegiéndoles de la fatiga y favoreciendo la reparación.¹³⁵

En una fractura donde no es posible la reconstrucción de la columna ósea el tratamiento se basa solamente en la colocación de implante que sostenga las cargas axiales, esto también es útil en casos donde existe un extenso daño a los tejidos como las fracturas abiertas de tipo III, donde los implantes soportaran la mayoría de la carga en un medio ambiente mecánico poco favorable, por lo que debe ser más grande, fuerte y estable para soportar esto por mayores períodos de tiempo.¹³⁶

El medio ambiente de la fractura también debe ser tomado en consideración animales jóvenes con un periostio activo, fracturas metafisiarias con una abundante cantidad de hueso trabecular sanan rápidamente en la mayoría de las situaciones, fractura multifragmentada donde se produjo una gran cantidad de energía generalmente presentan un mayor daño vascular lo cual prolonga el

tiempo de curación, estos factores deben ser anticipados; otra consideración es la que se tiene en animales debilitados y geriátricos ya que en ellos el tiempo de recuperación puede extenderse.

El cirujano debe decidir si es preferible una reducción abierta o una cerrada esto depende de la localización de la fractura, el tipo y la complejidad, pero también del tipo de implantes elegidos. Una reducción abierta usa una aproximación quirúrgica para exponer los fragmentos y segmentos óseos lo cual permite una reconstrucción precisa de una fractura articular o multifragmentada y la correcta posición de los implantes además de la utilización de injertos de hueso esponjoso para favorecer la curación, el mayor beneficio de esta es la completa reconstrucción de la columna ósea la cual permitirá la carga de pesos en el miembro durante la recuperación de la misma. Las principales desventajas de una reducción abierta incluyen la contaminación iatrogénica, el daño adicional a los tejidos blandos y la irrigación pero tiene la desventaja de prolongar el tiempo de cirugía y afectar el aporte sanguíneo; una reducción cerrada requiere reducir las fracturas sin exponer quirúrgicamente los fragmentos esta aproximación tiene varias ventajas preserva los tejidos blandos que rodean el hueso así como el aporte sanguíneo, disminuye la posibilidad de contaminación iatrogénica asociada con la cirugía y finalmente reduce el tiempo del procedimiento pero tiene el costo del alineamiento de las fracturas el cual no puede ser logrado por completo por lo que debe utilizarse solamente en fracturas con un desplazamiento mínimo o aquellas incompletas.^{136,137,140}

Existen muchas técnicas de planeación que pueden ser utilizadas para la fijación de la fractura el primer y el método más simple es el de recubrimiento directo Fig.

12.7, en este cada fragmento es dibujado individualmente en una hoja de papel o acetato y posteriormente es reconstruida sobreponiendo cada uno de estos a lo largo de una línea recta dibujada en otra hoja la cual corresponde con el eje biológico del hueso, este método se usa principalmente en la planeación de fracturas de diáfisis de huesos largos, permite estimar el numero y tamaño apropiado de los implantes que van a ser elegidos para la osteosíntesis. ^{136,137,140}

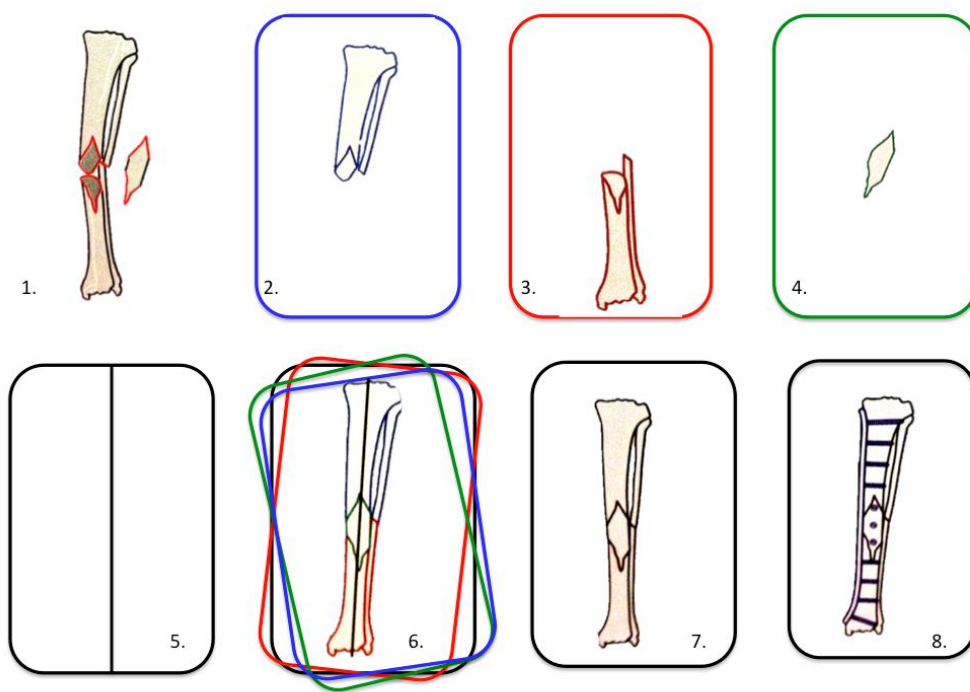


Fig. 12.7 Método de recubrimiento directo para la reconstrucción de fracturas .

El segundo método requiere una radiografía del hueso contralateral intacto, invirtiendo esta imagen para trazar sobre ella los fragmentos alineándolos con el eje del hueso comenzando por la línea de fractura mas proximal, y después se repite el paso alienado el fragmento distal en la posición de reducción, repitiendo el proceso hasta que todas las líneas de fractura has sido dibujadas, esto también permite determinar el número y tamaño de los implantes que pueden ser elegidos

y se usa principalmente cuando se trata de reconstruir fracturas articulares y en huesos que tienen una curvatura especial de forma natural. Fig. 12.8

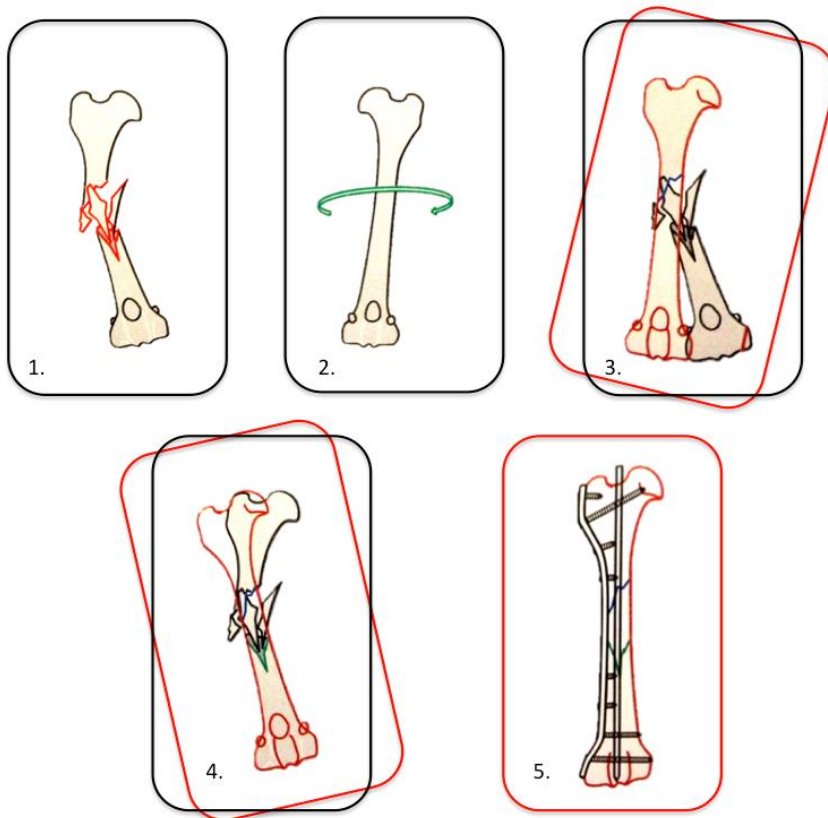


Fig. 12.8 Método del miembro contralateral para reconstruir la fractura.

El tercer método requiere el uso de un espécimen de un animal de tamaño similar, usando la radiografías se dibujan las líneas de fractura directamente sobre el hueso esto permite determinar el abordaje de acuerdo a la localización, estimar el número y tamaño de los implantes, modelarlos y probarlos en el espécimen, finalmente tiene la ventaja de que el implante puede ser pre moldeado antes de la cirugía disminuyendo el tiempo de la misma.^{136,137,140} Fig. 12.9

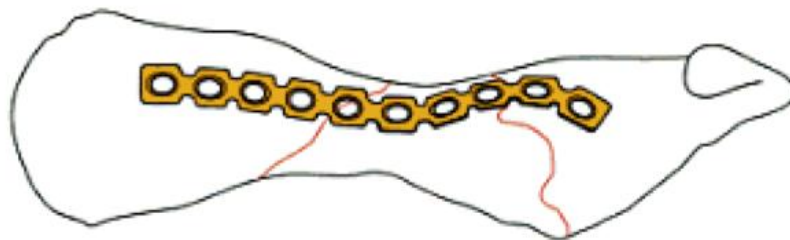


Fig. 12.9 uso de un espécimen para planear la reconstrucción de una fractura

Como porción de la planeación es importante revisar y realizar un inventario de los implantes y el instrumental con el que se cuenta antes de finalizar el plan y también realizar una revisión de la anatomía y las aproximaciones quirúrgicas que se utilizarán con la finalidad de reducir el tiempo de cirugía y minimizar daño iatrogénico.^{136,137,140}

13.2.3 Preparación del paciente

Idealmente los pacientes que serán sometidos a una cirugía deben ser ayunados por 6 a 12 horas, se les debe permitir orinar y defecar antes de la inducción anestésica, una vez inducido se debe realizar el rasurado con un peine del número 40 este debe abarcar la completa circunferencia del miembro o extenderse de ocho a 10 cm a la periferia de la incisión planeada, posterior a este rasurado se debe realizar un lavado para remover los residuos de pelo y suciedad del sitio propuesto de la cirugía para este propósito se pueden utilizar agentes que contengan yodóforos, clorhexidina o alcohol.¹³⁷

La colocación correcta del paciente es imperativa para garantizar una adecuado aborbaje y fácil reducción de la fractura, especialmente en animales de grandes

dimensiones, es por eso que actualmente se han desarrollado técnicas para realizar algunos procedimientos con el paciente de pie, reduciendo con esto factores de riesgo como efectos adversos asociados de la anestesia total, o la posición del paciente por periodos prolongados y finalmente a la recuperación.

Una vez realizada la fijación se debe realizar una evaluación radiográfica posoperatoria para verificar la alineación, reducción y posición de los implantes. Existe la nemotecnia de las cuatro "A" realizada por el doctor Egger y Schwars para asegurar una evaluación sistemática de las radiografías postoperatorias.¹³⁶

- Alineación: evalúa la orientación normal de los fragmentos para prevenir un desplazamiento angular o una torsión de las articulaciones.
- Aposición: es llamada aposición cortical de los fragmentos y es necesaria para garantizar una oportuna recuperación de la fractura como términos generales se considera con 50% de aposición cortical es necesario para prevenir un retraso la unión.
- Aparatos: se deben revisar de manera crítica los implantes elegidos y la aplicación de los mismos en la radiografías posoperatorias para ayudar a predecir problemas como la fatiga especialmente cuando las reglas de aplicación de estos implantes no fueron seguidas de manera estricta.
- Actividad: este punto final se refiere a la actividad biológica del hueso en respuesta a la fijación usada, es decir, ¿La fractura realmente está sanando? la mayoría de las fracturas sanan entre las 12 a 16 semanas pero el tiempo y unión del hueso depende de muchos factores por lo que se deben realizar evaluaciones programadas cada seis a ocho semanas para evaluar la

recuperación y posición de los implantes.

13.2.4 Elementos de la osteosíntesis

13.2.4.1 Tornillos de compresión interfragmentaria

La técnica de fijación con tornillos de compresión interfragmentaria es el corazón de la fijación interna mediante técnicas de AO. Estos tornillos pueden utilizarse en una variedad de maneras de estabilizar los fragmentos de hueso y para garantizar la consolidación ósea.¹⁴⁰ Fig. 12.10

Los tornillos se insertan en el hueso a través de orificios de taladro. La perforación es un proceso importante ya que ayuda a determinar la naturaleza de la interfaz de tornillo a hueso. El mal uso de taladros manuales y automáticos puede causar que el operador perfora orificios ovalados debido al bamboleo de broca. Es por eso que se prefiere el uso de taladros con mayor poder de perforación combinado con el uso de guías que lo estabilicen y así evitar la perforación de orificios ovals.¹⁴⁰

Un orificio de calidad depende también de la broca. Estas están diseñadas para su uso en hueso y tienen la capacidad de taladrar a una velocidad de 1 mm/s. Perforaciones más lentas de 1 mm/s se pueden relacionar con la fatiga de la brocas que causa el acumulo del material de barrido en las cuerdas de esta y que evitan la penetración y aumentan la producción de calor. Las brocas de taladro pueden ser fatigadas al instante cuando golpean una superficie metálica esto puede ocurrir cuando se taladra un tornillo colocado previamente. Una broca afilada puede perforar a través de más de 1 metro del hueso antes de que sea fatigada.¹⁴⁰

Cuando se utiliza una broca de taladro para perforar un orificio en el hueso, la punta de la broca crea calor por fricción. Altas temperaturas en el hueso ($> 54^{\circ} \text{C}$) puede ocurrir y causar coagulación de proteínas y necrosis de hueso. La generación de temperatura es inversamente proporcional a la tasa de perforación cuando se utilizan brocas afiladas. Mayor presión sobre la broca se refleja en la velocidad de corte y reduce la generación de calor, pero puede conducir a la rotura de la broca del taladro. El enfriamiento de la broca es práctico ya que se ha demostrado que más de 500 ml/min de solución salina son necesarias para enfriar adecuadamente el hueso es importante resaltar que las brocas están diseñados para circular el fluido de lubricación, el líquido desciende a través de ella y asciende con el material de la hilera.¹⁴⁰

El machueado o la formación de la cuerda en el orificio taladrado antes de la inserción del tornillo asegura una buena interfaz entre el hueso y el tornillo. También permite al tornillo insertarse con menos esfuerzo de torsión, con el uso solución salina para lubricación aumenta la facilidad de inserción. Existen tornillos autoenroscantes y se debe tener especial cuidado cuando utilicen ya que en el hueso de los equinos no pueden trabajar bien debido a que los hilos de la cuerda se pueden llenar antes de que la corteza entera sea penetrada, llevando a la formación orificio s imperfectos y a la generación de calor.¹⁴⁰

Existen dos tipos básicos de tornillos. El tornillo de cortical que es completamente roscado, y posee hilos relativamente finos y se utiliza en las cortezas de los huesos y hueso esponjoso denso y constituye el tornillo más utilizado comúnmente en ortopedia equina. El segundo es el tornillo esponjosa, este es parcialmente roscado y tiene un hilo más grueso y más grande. Se utiliza en el

hueso esponjoso blando y puede utilizarse como sustituto de un tornillo de cortical si el tornillo de la corteza ha sido despojado de los hilos de rosca en el hueso durante la inserción. Ambos tornillos están disponibles en una amplia variedad de tamaños pero es importante mencionar que se han creado tornillos de cortical de 5.5 mm desarrollados para grandes especies.

13.2.4.1.1 Tornillos de cortical

Un tornillo de cortical es completamente roscado y puede utilizarse como un tornillo de neutralización con la rosca abarcando ambas cortezas para fijar una placa a un hueso. Pero también puede usarse como un tornillo de compresión interfragmentarias que tracciona dos fragmentos juntos perforando un orificio de deslizamiento en la corteza proximal (corteza de cis) y el orificio roscado en la corteza distal (corteza de trans), es decir, bajo la técnica de tracción. Estos tornillos de cortical están disponibles en una amplia gama de tamaños con los diámetros pero son los de 3.5 mm, 4.5 mm y 5.5 mm los usados más comúnmente en los equinos. La mayor fuerza de un tornillo esta relacionada con un mayor diámetro. Cuando se encuentra con hueso mas suave, las roscas de un tornillo de gran diámetro se mantienen en mejor estado. En general, el hueso equino es tan denso que los tornillos de esponjosa son rara vez necesarios. De tal manera que cuando un tornillo ha sido despojado de la cuerda sería mejor cambiar por otro de cortical de mayor diámetro en lugar de sustituirlo con un tornillo de esponjosa.¹⁴⁰

Después de la reducción de los fragmentos mediante pinzas de hueso, agujas de Kirschner o algún otro dispositivo, se perfora el orificio grande para el deslizamiento a través de la corteza del cis usando una guía de taladro para evitar el bamboleo de broca y proteger los tejidos blandos que lo recubren. Este orificio

debe perforarse a través del plano de fractura que puede incluir el hueso esponjoso cerca de la metáfisis, así como el hueso cortical. Una segunda broca es luego insertada en el orificio de deslizamiento, a través del plano de la fractura, para taladrar un segundo orificio sobre el cual se realizara el machueado de manera precisa avanzando dos vueltas y retrocediendo un cuarto de vuelta para permitir eliminar el material producido a través de la corteza de trans. Una vez concluido el proceso la guía de taladro y broca se retiran y el orificio es avellanado para asegurar un acoplamiento de la cabeza del tornillo. La depresión de avellanado sólo debe ser lo suficientemente profunda para apoyar la cabeza del tornillo y evitar su flexión durante el ajuste. Luego el orificio se mide con el medidor de profundidad para determinar la longitud apropiada del tornillo. Finalmente, un tornillo de la longitud y el diámetro apropiados es elegido es insertado utilizando el destornillador, es importante recordar el uso de solución salina que se utiliza como lubricante disminuirá el esfuerzo de torsión y disipa el calor.¹⁴⁰

Aunque la perforación de poder se recomienda para perforar los orificio s en el hueso, el machueado con energía está reservada para aplicaciones donde serán usados tornillos para una fijación interna, tal como con en una placa. Se debe prestar especial atención a dirigir el machuelo en el mismo plano que el taladro. Todos los tornillos deben apretarse a mano después de la inserción aun cuanto se hizo con maquinaria automática.^{140,}

13.2.4.1.2 Tornillo de esponjosa

Los tornillos de esponjosa están disponibles en 4.0 y 6.5 mm de diámetro. El tornillo de 6.5 mm tiene tres hilos diferentes longitudes de rosca: 16 mm, 32 mm y completamente roscado. Esto se de debe a que sólo los tornillos de esponjosa

pueden ser parcialmente roscados y producir compresión interfragmentaria en el sitio de la fractura utilizando una broca de un solo tamaño. Si se desea realizar esto es importante elegir la combinación de hilo de longitud adecuada para que las roscas estén sólo situado dentro de la corteza de trans en el fragmento esponjoso. Los tornillos de esponjosa sólo deben utilizarse en hueso esponjoso suave puesto que puede ser imposible quitarlos de hueso cortical duro sin romperlos.

Para insertar un tornillo de esponjosa se perfora orificio de 3.2 mm o 3.6 mm través del hueso entero y se crea la cuerda con un machuelo de 6.5 mm Este machueleado se recomienda que se realice a lo largo de todo el orificio ya que el tornillo creara la cuerda final por si solo y por lo tanto el esfuerzo de torsión necesario para insertarlo que el tornillos de cortical y mucho mayor en hueso duro que en hueso blando.

Independientemente del tipo de tornillo elegido estos están diseñados para proporcionar agarre en el hueso que será ventajoso en la fijación de la fractura. Están diseñadas para ser sometidos a cargas de tensión y no de flexión o cizallamiento. La compresión interfragmentaria es mayor cuando las fuerzas en las superficies de los fragmentos son normales (perpendicular al plano de la fractura). Para complementar esto, el tornillo debe colocarse, perpendicular a los planos de fractura en todas las direcciones. Esto significa que en una fractura en espiral, los tornillos para fijar la fractura deben formar una espiral. Las cargas experimentadas por la fractura reducida y estabilizada serán aquellas impuestas por los tornillos y las cargas asociadas con el uso. Como regla general, la colocación del tornillo debe ser perpendicular al eje largo del hueso para resistir mejor la carga de peso pero al realizarlo estos se someterán a las fuerzas de cizallamiento al soportar el

peso, en estos casos, el tornillo debe colocarse en un ángulo perpendicular al plano de la fractura y el eje del hueso como se haría en un fractura en espiral.

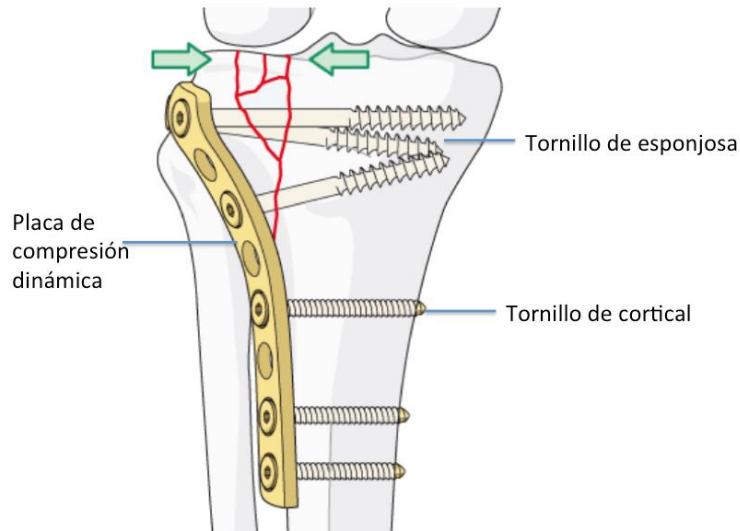


Fig. 12.10 Reparación de una fractura utilizando los tres elementos básicos de la osteosíntesis:
Tornillos de cortical y de esponjosa que fijan una placa a la diáfisis y epífisis respectivamente y que en combinación logran estabilizar y realizar la reducción de la fractura

13.2.4.2 Fijación con placas.

Existe una variedad de placas disponibles para la fijación interna, sin embargo, en los procedimientos ortopédicos de grandes especies la placa de compresión dinámica (DCP) fabricada en acero inoxidable sigue siendo de las más utilizada y está disponible en dos configuraciones angosta y ancha. La DCP angosta tiene los orificios colocados en línea recta, mientras que la placa ancha tiene los orificios colocados en una configuración en zig-zag. Elegir la placa de longitud adecuada para utilizar en cualquier situación específica puede representar un dilema basado en la viabilidad de tejidos blandos, el abordaje quirúrgico y la configuración de la fractura. Mientras que para la reparación con el uso de tornillos de cortical requiere

de manera optima la colocación de cuatro tornillos a cada lado de la fractura y cada tornillo en ambas cortezas (ocho cortezas), en fracturas de huesos largos así como el uso de placas de extremo a extremo. El uso de dos o más placas a menudo se utilizan en la reparación de fracturas en el caballo. Estas placas deben colocarse con respecto a un ángulo recto una de otra para optimizar las propiedades inerciales de la fijación.

La colocación de placa se inicia siguiendo el contorno de la superficie del hueso, se perfora un orificio de 3.2 mm en posición neutra a través del hueso aproximadamente a 1 cm de la superficie de fractura. La placa se coloca sobre este orificio, y para determinar la longitud del tornillo se toma en cuenta el espesor de la placa y el diámetro del hueso. El orificio se machuelea y el tornillo es insertado hasta que la cabeza haga contacto con el orificio en la placa, pero no es apretado; la fractura es reducida y estabilizada con pinzas óseas u otros medios y la placa es alineada con el eje fisiológico del hueso. Un segundo orificio se perfora de manera exentrica a través del orificio de la placa lo más cercano a la fractura en el otro fragmento utilizando una guía, la posición de esta guía es muy importante ya que la inserción del tornillo en este segundo orificio realiza la compresión al apretar el tornillo, pues mueve la placa sobre la superficie del hueso y junta a los extremos fracturados del hueso. Tras la perforación de orificio, este es medido machueleado y se inserta el tornillo de longitud adecuada. Cuando este tornillo comienza a deslizarse en el orificio oval debe apretarse, de manera alternada con el primero. De esta manera ambas cabezas de tornillo se alinean igualmente. Cualquier tornillo cuya cabeza sobresale en alto sobre el plano inclinado estará sujeto a cargas de flexión y puede fallar. Una vez que los

fragmentos de la fractura están en contacto la guía neutral debe utilizarse para todos los tornillos restantes.

Una vez terminada la fijación de los tornillos deben revisarse para tirantez desde el centro hacia afuera, ya que cualquier cambio en la presión en un tornillo puede desplazar ligeramente la placa y dejar los otros tornillos flojos.^{140,142}

En caso de que fuera necesaria la aplicación de una gran fuerza para unir los fragmentos con los dos tornillos centrales estos pueden cambiarse por nuevos ya que las cabezas de los tornillos han sido debilitadas por flexión durante la inserción de los otros.

El éxito de la fijación interna usando placas y tornillos esta relacionado con la capacidad técnica y la comprensión de los mecanismos de fijación. Las placas utilizadas para la fijación interna son más fuertes en tensión y compresión y son más débiles en sobre flexión, también son débiles en torsión, esto como resultado de los tornillos que sujetan la placa al hueso. Por lo tanto, las placas deben colocarse en los huesos para que las fuerzas de tracción sean aplicadas y las de flexión minimizadas. Para lograr esto, las placas deben colocarse en la superficie de tensión del hueso. Esta superficie es la que, esta sometida a fuerzas principalmente de extensión. Cuando la placa se aplica para comprimir los extremos del hueso esta se encuentra sometida a tensión. Las cargas adicionales al soportar el peso aumentan la tensión y por lo tanto la compresión en el hueso. Puesto que los huesos tienen una superficie de tensión también deben tener una superficie de compresión, esto significa que en los huesos con curvaturas naturales que son sometidos a fuerzas de flexión se puede crear en una fuerza de tracción en la placa si esta es colocada en la corteza opuesta, provocando una

inestabilidad, esto también ocurre debido a la fragmentación del hueso si esta fragmentación cruza la placa tal vez sea estable, pero sí se encuentra en la corteza enfrente de la placa (corteza de trans), entonces el implante puede ser sometido a ciclos de flexión y tensión causando la fatiga del mismo. Algunas situaciones exigen que se aplique la placa en una ubicación menos óptima. Esto puede ocurrir con base en la cobertura de tejidos blandos, vascularización de la piel, la forma y extensión de la fractura o pérdida de material óseo. Incluso cuando los implantes se aplican en las mejores condiciones, pueden ocurrir fallas por lo que se han creado técnicas para optimizar las fijaciones internas.¹⁴²

Una placa debe ser contorneada a la forma exacta del hueso en que va colocarse. No se puede exagerar la importancia y dificultad de este paso. En general, las placas deben doblarse en una dirección y no ida y vuelta. Para esta tarea existen prensas de plegado, pinzas y planchas de doblez.

Este problema puede abordarse mediante el uso de una técnica conocida como "pretensado", que consiste en realizar una pequeña concavidad en la placa sobre la zona de la fractura. Esto después de que ya ha sido contorneada al hueso, para formar un espacio entre el hueso y la placa de 2 mm. Cuando la placa se une entonces al hueso la torcedura comienza a enderezarse elásticamente para permitir el contacto entre la placa y el hueso, mientras aplicará compresión a la corteza enfrente de la placa. Esta técnica puede utilizarse sólo cuando existe contacto de la corteza entre los extremos del fragmento en el lado opuesto de la placa.

El contorneado de la placa es un factor clave en el aumento del contacto hueso/placa pero el radio de curvatura de la placa todavía puede diferir

considerablemente del hueso al que será asegurado.

Este desajuste puede resultar en una sola línea de contacto entre el hueso y la placa, sin embargo existe la cementación de la placa para optimizar el contacto entre el hueso y placa. Para este propósito puede utilizarse polimetilmetacrilato (PMMA) como interfaz entre la placa y el hueso así como entre las cabezas de los tornillos y la placa, mejorando el área de contacto. Esto disminuye el efecto de sobretensión y cizallamiento por la carga de peso sobre las cabezas de los tornillos que ocupan los orificios ovoides de la placa DCP.

La cementación comienza con la terminación de una fijación interna normal. Los tornillos se aflojan para producir un espacio de ± 2 mm debajo de la placa. Cuando se utilizan dos placas, cada una es sellada por separado. EL PMMA se mezcla con una consistencia de masa y se presiona el material debajo de la placa con los dedos. Los tornillos son entonces apretarlos y el PMMA en exceso es eliminado. Es importante que el PMMA no penetre entre los extremos del fragmento ya que esto podría inhibir la cicatrización.¹⁴⁰

13.2.4.3 Injerto de hueso esponjoso

El uso de un injerto de hueso se discutirá aquí sólo en su relación con los mecanismos de fijación de la placa. El uso de la compresión axial en la fijación de la fractura sólo es útil si hay porción de hueso intacto que resultará en una situación estable bajo presión. Muchas fracturas en équidos son multifragmentadas y presenta segmentos inestables, cuando estos fragmentos son demasiado pequeños para ser estabilizados y puede que haya perdido su suministro de sangre producen un espacio vacío que conduce a la concentración

de tensión. Paradójicamente, pequeñas espacios son potencialmente más devastadores que los grandes ya que causarían mayores concentraciones de tensión. En estas situaciones es posible un injerto de hueso, si hay un defecto grande, un injerto actuará como un puente, y la resistencia estructural del injerto puede aumentar rápidamente después de los primeros 10 días. A menudo esta ventaja mecánica hace la diferencia entre la reparación de la fractura y la falla prematura de los implantes.¹⁴³⁻¹⁴⁶

14 Bases para establecer el pronóstico

El establecimiento de un pronóstico en los équidos con alguna fractura no debe hacerse de manera general, incluso en fracturas con configuraciones idénticas existen factores que las hacen diferentes y modifican el pronóstico de manera drástica.¹³⁷

El pronóstico presuntivo de una fractura nos permite conocer el manejo que el paciente recibirá en diferentes etapas, permitiendo desde la evaluación inicial decidir si existe alguna posibilidad de tratamiento o si es el inducir la muerte humanitariamente al animal de manera inmediata la mejor opción, igualmente se deben considerar las posibilidades de realizar un transporte correcto y el establecimiento de los primeros auxilios que son importantes requisitos antes de decidir establecer un tratamiento; así mismo se debe realizar la reevaluación antes de la decisión final para establecer un plan de tratamiento adecuado, el desarrollo de este plan de tratamiento y finalmente el manejo de pos tratamiento; en todas estas etapas el pronóstico puede modificarse y por lo tanto además de ser cambiante, siempre debe ser establecido con completa objetividad para el bienestar del paciente por encima de los intereses de económicos o afectivos.^{24,147}

Para lograr establecer un pronóstico en cualquier fractura es importante considerar las características de las mismas:¹⁴⁷

- Localización: en este primer punto se debe describir el hueso o huesos involucrados. Donde de manera general tiende a ser un pronostico desfavorable para los hueso largos.

- Segmento o segmentos involucrado: se debe especificar la porción del hueso involucrada la cual puede ser la epífisis proximal, la distal o la diáfisis; aunque en algunos casos esta puede referirse a una porción de algún hueso que no posee ninguna de las porciones antes mencionadas como el caso de la patela o hueso sesamoideos.
- Su relación con la superficie articular, al evaluarla se debe considerar si que esta es articular o no articular, donde las primeras tienen un pronóstico considerablemente más desfavorable por las patologías asociadas a la fractura aun cuando se trate de un pequeño fragmento, esto funciona para aquellas que involucran alguna de las epífisis.
- El grado de fragmentación de la fractura en aquellas que involucra la diáfisis, donde una fractura con mayor número de fragmentos y donde estos son de un menor tamaño tiene un pronóstico menos favorable
- La configuración de los trazos de la fractura, pudiendo estar ser oblicua, en espiral o transversa, resultando en un pronóstico más favorable para las últimas que para las primeras, con base en la posibilidad de desplazamiento que estas configuraciones permiten.

Estos primeros 5 factores son ampliamente explicados en capítulos anteriores para cada región; a continuación se describen varios factores complementarios que pueden ser utilizados para establecer un pronóstico de manera objetiva .

Estos factores complementarios son:

- Integridad de la piel, en base a este criterio tenemos 6 opciones en 2 categorías: abierta y no abierta; y dentro de las abiertas podemos clasificarlas en 5 tipos distintos^{8,148}.
 - Tipo I fractura abierta con una laceración menor a 1cm sin infección

- Tipo II fractura abierta con una laceración mayor a 1cm, daño de tejidos blandos moderado sin avulsiones ni heridas mayores a 10 cm.
- Tipo III(a) fractura abierta con daño moderado a tejidos blandos, con heridas mayores a 10 cm o gran liberación de energía por el trauma, con los tejidos blandos aun cubriendo la herida.
- Tipo III (b) fractura abierta, con una pérdida de tejidos blandos, exposición del hueso visible y periostio desprendido del hueso.
- Tipo III(c) fractura abierta, con daño de aporte sanguíneo arterial en la porción distal del miembro.

De manera general a menor grado de exposición y contaminación el pronóstico es mas favorable.

- Edad del caballo, este es un factor sencillo de comprender por el hecho de que animales jóvenes tienen una rápida y mejor reparación del tejido óseo que pacientes adultos o geriátricos por características estructurales y fisiológicas únicas explicadas en el capítulo I. Además es posible considerar que animales jóvenes tienen una posibilidad aun mayor de realizar alguna función zootécnica futura, otorgándoles pronóstico favorable de manera genérica.
- Peso de caballo: este punto suele estar ampliamente relacionado con el anterior que hace referencia a la edad del caballo, de tal forma que animales más jóvenes y potros tienen un menor peso y por lo tanto un mejor pronóstico, pero igual puede utilizarse para considerar diferentes especies de équidos como son caballos, burros, híbridos; distintos tipos de caballos, como caballos pesados, ligeros o ponis, e incluso dentro de estos tipos las razas. De manera general caballos con menos de 700 lb o 317 kg tienen un mejor pronóstico, sin embargo existen fracturas donde incluso con más de 300 lb o 136 kg el pronóstico puede ser desfavorable.

- Temperamento: este factor es muchas veces poco considerado pero de gran importancia, ya que limita en gran proporción las posibilidades de tratamiento para aquellos pacientes con un temperamento impredecible, ansioso o incluso agresivo, al igual que aquellos pacientes con menos manejo como son los potros, jóvenes, reproductores o incluso algunos usados para diferentes funciones zootécnicas como carreras¹⁴⁹.
- Posibilidad de retorno a su función zootécnica actual y futura: aunque este punto parecería no repercutir directamente sobre la toma de decisiones, debe ser considerado en función de la posibilidad de regreso a la función zootécnica actual del paciente e incluso el nivel de competencia y por lo tanto de esfuerzo físico que el paciente deberá realizar, y por otro lado la posibilidad de desempeñar una función zootécnica futura, donde además del desempeño que puede llegar a tener el paciente se puede considerar el valor genético del mismo, el cual puede llegar a ser determinante en la toma de decisiones.¹⁴⁹
- Capacidad económica: aunque este último factor puede parecer ajeno al paciente si es de gran importancia en veterinaria, ya que gran parte de las decisiones serán tomadas con base a este último, considerando que los costos pueden estar entre los 50 y 200 mil pesos e incluso llegar a excederlos cuando estos casos presentan alguna complicación, este factor también limita la posibilidad de elección del tratamiento, cirujano, material utilizado por el mismo, tiempo de hospitalización, terapia medica, y complicaciones que pueden presentarse.

Además de estos factores se debe considerar la habilidad del cirujano para la elección de un tratamiento, así como los hospitales disponibles y los recursos de estos ya que repercute directamente en la toma de decisiones y en el pronóstico.

Los cuidados postoperatorios que se deben llevar a cabo para de esta manera mantener al mínimo las complicaciones que pueden hacerse presentes en cualquier paciente que se recupera de alguna fractura, dentro de las cuales se enlistan complicaciones primarias como el retardo de la unión, la no unión de la fractura y otros problemas secundarios como laminitis por apoyo en miembros contralaterales, infecciones, falla de los implantes, problemas digestivos y respiratorios que pueden ser amplias y severas en muchos casos llegar a ser más severas y comprometer más el pronóstico del paciente que la fractura por sí misma.¹⁵⁰

La tabla 13.1 muestra el pronóstico muy general de las fracturas más comunes en los équidos, el pronóstico establecido describe el porcentaje de recuperación para lesiones específicas y corresponde a los siguientes valores sin considerar factores específicos.^{8,24}

- Favorable más de 75% de probabilidad de recuperación total.
- Reservado alrededor del 50% de probabilidad de recuperación total.
- Desfavorable menos de 25 % de probabilidad de recuperación total.

Fracturas y su pronostico general

Hueso	Particularidad	Favorable	Reservado	Desfavorable
Escapula	Cuello/conminuta			X
	Cuerpo o espina	X		
	Tuberosidad supraglenoidea	X		
Humero	Completa		X < 225 kg	X > 225 kg
	Fractura por estrés	X		
	Tuberosidad deltoidea	X		
Radio	Tuberosidad mayor	X		
	Simple		X < 130 kg	X > 130 kg
Ulna	Conminuta			X
	Olecranon	X		
Fémur	Diáfisis		X potro	X adulto
	Fisis proximal			X
	Fisis distal	X	X	X
Patela			X	
Tibia	Fisis	X		
	Completas diáfisis	X < 130 kg		X > 130 kg adultos
	Incompletas diáfisis	X		
	Cresta tibial	X		
III metacarpo/metatarso	Maléolo lateral	X		
	Cóndilo latera no desplazada		X	
	Cóndilo lateral desplazada		X	X
	Cóndilo medial		X	
	Fracturas por estrés	X		
	Diáfisis no abiertas	X < 300 kg	X > 300 kg	
	Abiertas/conminuta		X potro	X adulto

II o IV metacarpiano/metatarsiano	Porción proximal o media	X	X	
	Porción distal	X		
Primera falange	Fragmentos osteocondrales	X		
	Simples	X		
	Conminuta			X
Segunda falange	Procesos palmares/plantares		X	
	Conminuta			X
	Eminencias palmares/plantares	X		
Sesamoideos proximales	Apicales	X		
	Cuerpo medio/basilares/conminuta			X
	Basilares		X	
Tercera falange	Articular			X
	No articular	X		
	Proceso extensor	X	X	X
Sesamoideo distal	Margen solar	X		
	Traumático	X		
	Enfermedad adyacente			X

Tabla 13.1 Pronostico general de fracturas en équidos.

15 Bibliografía

1. JOHNSON B. A look at racetrack breakdowns. *J Equine Vet Sci.* 1993;13:129–132
2. BAXTER GM. Adams and Stachak's lameness in horses. 6a ed. Iowa:Wiley-Blackwell, 2011
3. AO FOUNDATION [homepage on the Internet]. Switzerland AO Foundation 1958 (updated 2013 Dec 18; cited 2013 Dec 18) Available from <http://www.aofoundation.org/Structure/the-aofoundation/Pages/the-foundation.aspx>
4. NUNAMAKER DM. Basic principles of fracture treatment. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. *AO principles of equine osteosynthesis.* Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 5-9
5. MARKEL MD. Bone structure and the response of to stress. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair.* United States of America: W.B. Saunders, 1996: 3-9
6. MARKEL MD. Fracture biomechanics. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair.* United States of America: W.B. Saunders, 1996: 10-18
7. ROSS WM, DYSON SJ. *Diagnosis and management of lameness in the horse,* United States of America: Saunders, 2003.
8. PASQUINI C, JANN H, BAHR R, PASQUINI S. *Guide to equine clinics-lameness-vol.2* 2ª ed Oklahoma: SUDZ Publishing, 2005.
9. MÜLLER ME, ALLOGÖWER M, SCHNEIDER R, WILLENEGGER H. *Manual De Osteosíntesis.* 2ª ed. Barcelona: Científico-Medica 1980.
10. BARRET K, BATMAN SM. *Ganong fisiología medica* 23ª ed. USA: McGraw Hill, 2010.
11. MARIEB EN, HOEHM K. *Human anatomy & physiology* 8ª ed. USA: Benjamin Cummings Pearson, 2010
12. FRANDSON R, WILKE WL, DEE FAILS A. *Anatomy and physiology of farm animals* 7ª ed. USA: Wiley-Blackwell: 2009.
13. GETTY R. SISSON Y GROSSMAN *Anatomía de los animales domésticos tomo I* 5ª ed. Barcelona;JGH editores: 1999.
14. AJA GUARDIOLA SANTIAGO. 2014 Comunicación personal
15. DICE KM, WENSING CJG. *Textbook of veterinary anatomy.* 4ª ed. St Louis Missouri;Saunders Elsevier: 2010.

16. TAN SD, VRIES TJ, KUJIPERS-JAGTMAN AM, SEMEINS CM, EVERTS V, KLEIN-NULEND J. Osteocytes subjected to fluid flow inhibit osteoclast formation and bone resorption. *Bone*. 2007; 41(5): 745-751
17. AO SURGERY REFERENCE GLOSSARY. ([homepage on the Internet]. Switzerland AO Foundation 1958 (updated 2014 Jan 13; cited 2014 Jan 13) Available from http://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MS.OTI!/?soloState=true&popupStyle=diagnosis&showAll=Show+all+terms
18. WILSON MP, ESPINOZA NR, CASTILLEJOS TL, CURREY JD, LÓPEZ E, GARCIA A, et al. Influence of physiological effort of growth and chemical composition on antler bone mechanical properties. *Bone*. 2007; 41(5): 794-803
19. TOBEN D, SCHROEDER I, EL KHASSAWNA E, MEHTA M, HOFFMANN J, FRISCH J. Fracture healing is accelerated in the absence of the adaptive immune system. *J Bone Mine Res*, 2011. 26(1): 113–124
20. PIVONKA P, ZIMAK J, SMITH DW, GARDINER BS, DUNSTAN CR, SIMS NA, et al. Model structure and control of bone remodeling: a theoretical study. *Bone*. 2008; 43(2): 249-263.
21. AOVET [homepage on the Internet]. Switzerland AO Foundation 1958 (updated 2013 Dec 18; cited 2013 Dec 18) Available from <http://aovet.aofoundation.org/Structure/about/Pages/about.aspxAO>
22. HISTORY OF AOVET THE FIRST 40 YEARS ([homepage on the Internet]. Switzerland AO Foundation 1958 (updated 2013 Dec 18; cited 2013 Dec 18) Available from http://issuu.com/aofoundation/docs/aovet_history
23. SURGERY REFERENCE ONLINE REFERENCE IN CLINICAL LIFE ([homepage on the Internet]. Switzerland AO Foundation 1958 (updated 2014 Jan 07; cited 2014 Jan 07) Available from <http://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery>
24. MÜLLER AO CLASSIFICATION OF FRACTURES – LONG BONES [homepage on the Internet]. Switzerland AO Foundation 1958 (updated 2013 Nov 4; cited 2013 Nov 4) Available from <http://www.Aofoundation.Org/Structure/Resource/Muellerclassification/Pages/Fracture-Classification.aspx>
25. HINCHCLIFF K, KANEPS A, GEOR R. *Equine sports medicine and surgery USA*. Elsevier 2004
26. ADAMS SB. Fractures of scapula. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair*. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 254-258

27. FORTIER LA. Shoulder. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1379- 1387
28. VALLANCE SA, SPRIET M, STOVER SM. Catastrophic scapular fractures in californian racehorses: pathology, morpfometry and bone density. Equine vet. J. 2011; 43(6): 676-685
29. VALLANCE SA. CASE JT ENTWISTLE RC, KINDE H, BARR BC, MOORE J. Characteristic of Thoroughbread and Quarter Horse racehorses that sustanained a complete scapular fracture. Equine vet. J. 2012; 44 :425-431
30. VALLANCE SA, LUMSDEN JM, O'SULLIVAN CB. Scapula stress fracture in Thoroughbred racehorses: eight cases (1997-2006) Equine vet. Educ. 2009; 21(10): 554-559
31. NIXON AJ, WATKINS JP. Fractures of humerus. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 242-253
32. MARKEL MD. Humerus. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 127-138
33. AUER JA, STRUCHEN CH, WEIDMANN CH. Surgical management of a foal with a humerus-radio-ulna fracture. Equine vet J. 1996; 28(5): 416-420
34. FISKE-JACKSON AR, CRAWFORD AL, ARCHER RM, BOLT DM, SMITH RK. Diagnosis, management, and outcome in 19 horse with deltoid tuberosity fractures Vet. Surg.2010;39: 1005-1010
35. BUTLER JA, COLLES CM, DYSON SJ, KOLD SE, POULOS PW. Clinical radiology of the horse. 2^a ed. Oxford: Blackwell. 2000
36. RICHARD E, ALEXANDER K. Nonconventional radiographic projections in the equine orthopaedic examination. Equine vet. J. 2007; 19(10): 551-559
37. DiMOCK AN, HOFFMAN KD, PUCHALSKI SM, STOVER SM. Humeral stress remodelling location differ in thoroughbred racehorses training and racing on dirt compared to syntheti recetrack surfaces. Equine vet. J. 2013; 45: 176-181
38. DIK, K. J.; GUNSSER, I. Atlas of diagnostic radiology of the horse. Part 1: Diseases of the front limbs. 2^a ed. Hannover: Schluterche. 1988
39. MADRON M, CASTON S, KERSH K. Placement of bone screw in a standing horse for treatment of a fracture of the greater tubercle of the humerus. Equine vet. Educ. 2013; 25(8): 381-385
40. FARROW CS. Veterinary diagnostic imaging: the horse. St. Louis Missouri: Mosby Elsevier. 2006

41. BUBOWIECKI CF, VAN EE RT, CHENEITER HL. Internal fixation of committed transverse scapular fracture in a foal. *J Am Vet Med Assoc* 1989; 195(6): 781-783
42. AUER JA, FACKELMAN GE. Radius. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. *AO principles of equine osteosynthesis*. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 139-158
43. AUER JA. Fractures of radius. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair*. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 222-230
44. WATKINS JP. Radius and ulna. In: AUER JA, STICK JA. *Equine surgery*. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1364-1378 RUGGLES AJ. Carpus. In: AUER JA, STICK JA. *Equine surgery*. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1347-1362
45. NIXON AJ. Fractures of ulna. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair*. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 231-241
46. SWOR TM, WATKINS JP, BAHR A, EPSTEIN KL, HONNAS CM. Results of plate fixation of type 5 olecranon fractures in 20 horses. *Equine vet J*. 2006; 38(1): 30-34
47. HANSON PD, HARTWIG H, MARKEL MD. Comparison of three methods of ulnar fixation in horses. *Vet. Surg*. 1997; 26: 165-171
48. JALIM SL, MCKINNON AO, RUSSELL TM. Repair of a type IV Monteggia fracture in a foal. *Aust. vet. J*. 2009; 87 (11): 463-466
49. KUEMMERLE JM, KÜHN K, BRYNER M, FURST AE. Equine ulnar fracture repair with locking compression plates can be associated with inadvertent penetration of the lateral cortex of radius. *Vet.Surg*. 2013; 42: 790-794
50. FACKELMAN GE. Ulna (olecranon): plate fixation. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. *AO principles of equine osteosynthesis*. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 159-170
51. RICHARDSON DW. Ulna (olecranon): tension band wiring. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. *AO principles of equine osteosynthesis*. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 171-178
52. MACAULIFFE SB, SLOVIS NM. *Color atlas of diseases and disorders of the foal*. USA: Saunders .2009
53. HANCE SR, BRAMLAGE LR. Fractures of the femur and patella. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair*. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 284-293

54. RICHARDSON DW. Femur and pelvis. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1442-1452
55. FOELIE JG, STICK JA, NICKELS FA. STIFLE. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012:1419-1441
56. BRAMLAGE LR, FACKELMAN GE. Femur. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 197 -206
57. BUMBACHER S, BRYNER MF, FÜRST AE, DEL CHICCA F. Treatment of a femoral fracture with a titanium locking compression plate distal femur (LCP-DF) in a young donkey. Equine Vet. Educ. 2013; 26(1): 27-31
58. BARR ARS Diaphyseal femoral fractures in young horses. Equine vet. Educ. 2013; 26(1): 32-33
59. MCCLURE SR, WTAKINS JP, ASHMAN RB. In vivo evaluation of intramedullary interlocking nail fixation of transverse femoral osteotomies in foal. Vet. Surg. 1998; 27: 29-36
60. MAHNE AT, MARAIS HJ, RUBIO-MARTINEZ LM, WILLIAMS JH. Severe hindlimbs lameness and pathological femur fracture in a horse secondary to haemangiosarcoma. Equine vet. Educ. 2012
61. RADCLIFFE RM, LOPEZ MJ, TURNER TA, WATKINS JP, RADCLIFFE C, ARKEL MD. An in vitro biomechanical comparison of interlocking nail constructs a double plating for fixation of diaphyseal femur fractures in immature horses. Vet. Surg. 2001; 30: 179-190
62. HESSE KL, VERHEYEN KLP. Association between physiotherapy findings and subsequent diagnosis of pelvic or hindlimb fracture in racing Thoroughbreds. Equine vet. J. 2010; 42(3): 234-239
63. BRAMLAGE LR. Tibia. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1409-1418
64. WATKINS JP. Fractures of the tibia. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 273-283
65. AUER JA. Tarsus. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1025-1039
66. BRAMLAGE LR, FACKELMAN GE. Tibia. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 209-219

67. BANKS WC, SCHULZ CW. Additional studies of fibular defectes in horse. J. Am. Vet. Med. Assoc.1958; 133(8): 422-444
68. ENGILES JB, ORSINI JA, ROSS MW. What is your diagnosis? Fracture of the fibula. J. Am. Vet. Med. Assoc. 2004; 224(9): 1429-1430
69. RAMZAZ PHL, NEWTON JR, SHEPHERD MC, HEAD MJ. The application of a scintigraphic grading system to equine tibial stress fractures: 42 cases. Equine vet J. 2003; 35(4): 382.388
70. CUEVAS-RAMOS G, MORETTI. Severe comminuted and spiral tibial fracture managed with a cross-tied cast in a pony. J. Equine Vet Sci. 2013
71. MCDUFFE LA, STOVERSM, TAYLOR K, In vitro cyclic biomechanical properties of an interlocking equine tibial nail. Vet.Surg. 2000; 29: 163-17
72. SMITH MRW. Fractures of the tibial malleoli. Equine vet. Educ. 2012; 24(10): 503-506
73. O'NEILL HD, BLADON BM. Arthroscopic removal of fracture of the lateral malleolus of the tibia in the tarsocrural joint: a retrospective study of 13 cases. Equine vet J. 2010; 42(6): 558-562
74. SMITH MRW, WRIGHT IM. ARthroscopic treatment of fracture of the lateral malleolus the fibia:26 cases .Equine vet. J. 2011; 543(3): 280-287
75. RICHARDSON DW. Third metacarpal and metatarsal bones. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1325-1338
76. SCHNEIDER RK,JACKMAN BR. Fractures of the third metacarpus and metatarsus. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996:179-194
77. AUER JA. Metacarpal (-tarsal) shaft. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 179-196
78. NUNAMAKER DM. On bucked shins. AAEP PROCEEDINGS 2002; 48: 76-89
79. FACKELMAN GE. Metacarpal (-tarsal) condyles. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 75-82
80. RIGGS CM. Aetiopathogenesis of parasagittal fractures of the distal condyles of the third metacarpal and third metatarsal bones- review pf the literature. Equine Vet. J. 1999; 31(2): 116-120
81. JACKSON MA, AUER JA. Vestigial metacarpal and metatarsal bones. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1339-1346

82. FACKELMAN GE. Metacarpals (-tarsals) two and four. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 65-73
83. DORAN R. Fractures of the small metacarpal and metatarsal (splint) bones. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 200-207
84. MCLLWRAITH CW. Fetock fractures and luxations. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996:153-162
85. BERTON AL. Fractures of the proximal sesamoid bones. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996:163-173
86. RICHARDSON DW. Proximal sesamoids: screw fixation. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 85-92
87. RICHARSON DW. Proximal sesamoids: tension band wiring. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 93-100
88. NIXON AJ. Phalanges and the metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1300-1324
89. LE JEUNE SS, MACDONALD MH, STOVER SM, TAYLOR KT, GERDES M. Biomechanical investigation of the association between suspensory ligament injury and lateral condylar fracture in Thoroughbred racehorses. Vet. Surg. 2003; 32:585-597
90. JACKSON M, FÜRST A, HÄSSIG M, AUER J. Splint bone fracture in the horse:a retrospective study 1992-2001. Equine vet. Educ. 2007; 19(6): 329-335
91. SHERLOCK CE, ARCHER RM. A retrospective study comparing conservative and surgical tratments of open comminuted of the fourth metatarsal bone in horses. Equine vet. Educ. 2008: 20(7): 373-379
92. BISCHOFBERGER AS, FÜRST A, AUER J, LISCHER C. Surgical management of compete diaphyseal third metacarpal and metatarsal bone fractures: Clinical outcome in 10 mature horses and 11 foals. Equine vet. J. 2009; 41(5): 465- 473
93. SCHNABEL LV, BRAMLAGE LR, MOHAMMED HO. EMBERTSON RM, RUGGLRS, HOPPER SA. Racing performance after arthroscopic removal of apical sesamoid fraccrue fragments in Thoroughbred horses age <2 years: 151 cases (1989-2002). Equine vet J. 2007; 39(1): 64-68

94. WATT BC, FOERNER JJ, HAINES GR. Incomplete oblique sagittal fractures of the dorsal cortex of the third metacarpal bone in six horses. *Vet. Surg.* 1998; 27: 337-341
95. SCHNABEL LV, BRAMLAGE LR, MOHAMMED HO, EMBERTSON RM, RUGGLERS, HOPPER SA. Racing performance after arthroscopic removal of apical sesamoid fracture fragments in Thoroughbred horses age <2 years: 151 cases (1989-2002). *Equine vet J.* 2007; 39(1): 64-68
96. WILSON DA, KEEGAN KG, CARSON WL. An in vitro biomechanical comparison of two methods for transverse osteotomies of the medial proximal forelimb sesamoid bone in horses. *Vet.Surg.* 1999; 28: 355-367
97. AO SURGERY REFERENCE. ([homepage on the Internet]. Switzerland AO Foundation 1958 (updated 2014 Jan 13; cited 2014 Jan 13) Available from <http://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showHorse=true>
98. RICHARDSON DW. Fractures of the proximal phalanx. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair.* United States of America: W.B. Saunders, 1996: 117-128
99. WATKINS JP. Fractures of the middle phalanx. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair.* United States of America: W.B. Saunders, 1996: 129-145
100. BERTONE AL. Fractures of the distal phalanx. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair.* United States of America: W.B. Saunders, 1996:146-153
101. FÜRST AE, LISCHER C. Foot. In: AUER JA, STICK JA. *Equine surgery.* 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1264-1299
102. BRAMLAGE LR. Proximal phalanx: simple. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. *AO principles of equine osteosynthesis.* Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 101-106
103. RICHARDSON DW. Proximal phalanx: comminuted. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. *AO principles of equine osteosynthesis.* Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 107-114
104. KUEMMERLE JM, AUER JA, RADEMACHER N. Short incomplete sagittal fractures of the proximal phalanx in ten horses not used for racing. *Vet. Surg.* 2008; 37: 193-200
105. GALLUPO LD, STOVER SM, WILLITS NH. A biomechanical comparison of double –plate and Y-plate fixation for comminuted equine second phalangeal fractures. *Vet. Surgery* 200; 29: 152-162

106. PODADERA JM, BELL RJ, DART AJ. Using magnetic resonance imaging to diagnose non-displaced fracture of the second phalanx in horse. *Aust. vet. J.* 2010; 88(11): 439-442
107. FACKELMAN GE. Distal phalanx. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. *AO principles of equine osteosynthesis.* Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 115-126
108. RAMZAL PHL, POWELL SE. Clinical and imaging features of suspected prodromal fracture of the proximal phalanx in three Thoroughbred racehorses. *Equine vet. J.* 2010; 42(2): 164-169
109. RIJKENHUIZEN ABM, DE GRAAF K, HAK A, FÜRST A, TER BRAAKE F, STANEK C, et al. Management and outcome of fractures of the distal phalanx: a retrospective study of 285 horses with a long term outcome in 223 cases. *The veterinary journal.* 2012; 192(2): 176-182
110. ROBSON KE, KRISTOFFERSEN M, DYSON SJ. Palmar or plantar process fractures of the distal phalanx in riding horses: 22 cases (1994-2003) *Equine vet. J.* 2008; 20(1): 40-46
111. DYSON S. Radiological interpretation of the navicular bone. *Equine vet. Educ.* 2008; 20(5): 268-280
112. BIGGI M, DYSON S. Unusual navicular bone fractures in hindlimbs: clinical and imaging findings. *J. Equine Vet. Sci.* 2013; 33(12): 1082-1087
113. DEL CHICCA F, KUEMMELE JM, OSSENT P, NITZL D. Use of computed tomography to evaluate a fracture associated with a subchondral pedal bone cyst in a horse. *Equine vet. Educ.* 2008; 20(10): 515-519 KIDD J. Pedal bone fractures. *Equine vet. Educ.* 2011; 23(6): 314-323
114. COLLES CM. Navicular bone fractures in the horse. *Equine vet. Educ.* 2011; 23(5)
115. DYSON S. Radiological interpretation of the navicular bone. *Equine vet. Educ.* 2011; 23(2): 73-87
116. BIGGI M, DYSON S. Distal border fragments and shape of the navicular bone: radiological evaluation in lame horses and horses free from lameness. *Equine vet. J.* 2012; 44: 325-331
117. MARKEL MD. Fracture healing and its noninvasive assessment. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair.* United States of America: W.B. Saunders, 1996: 19-29
118. LOPEZ MJ, MARKEL MD. Bone biology and fracture healing. In: AUER JA, STICK JA. *Equine surgery.* 4th ed. St.
119. HILL RW, WYSE GA, ANDERSON M. *Animal physiology.* 2nd ed. Massachusetts: Sinauer Associates Inc. 2008
120. GRIFFON DJ. Fracture healing. In: JOHNSON AL, HOULTON JEF, VANNINI R. *AO principles of fracture management in the dog and cat.* Switzerland. 2005: 72-97

121. COLNOT C, ZHANG X, KNOTHE ML. Current insights on the regenerative potential of the periosteum: molecular, cellular, and endogenous engineering approaches. *Journal Of Orthopaedic Research* 2012; 30(12): 1869-1878
122. OMINSKY MS, LI C, LI X, TAN HL, LEE E, BARRERO M, et al. Inhibition of Sclerostin by Monoclonal Antibody Enhances Bone Healing and Improves Bone Density and Strength of Nonfractured Bones *Jo Bone Min Res.* 2011; 26(5): 1012–1021
123. SASAKI N, NISHII S, YAMADA K, HURUOKA H, TABADA Y. Effect of gelation hidrogel sheet containing basic fibroblast growth factor on proximal sesamoid bone transverse fracture healing in the horse. *J. Equine Vet Sci* 2013; 33(3): 210-214
124. LOISELLE AE, PAUL EM, LEWIS GS. Osteoblast and osteocyte-specific loss of connexin 43 results in delayed bone formation and healing during murine fracture healing *Journal Of Orthopaedic Research* 2013; 31(1) 147-154
125. ZHANG M, HO H-S, SHEU T-J, BREYER MD, FLICK LM, JONASON JH, et al. EP1/ mice have enhanced osteoblast differentiation and accelerated fracture repair *J Bone Min Res*, 2011; 26(4): 792–802
126. SARUWATIRI L, AITA H, BUNTZ F, NAKAMURA HK, OUYANG J, YANG Y, et al. Osteoblast generate harder, stiffer, and more delamination-resistant mineralized on titanium than on polystyrene, associated with distinct tissue micro- and ultrastructure. *J Bone Min Res.* 2005; 20(1): 2002-2016
127. SIMON AM, MANIGRASSO MB, O'CONNOR P. Cyclo-oxygenasa 2 function is essential for bone fracture healing. *J Bone Mine Res* 2002; 17(6): 963-976
128. ERBEN RG. Trabecular and edocortical bone surfaces in the rat: modelin or remodeling?. *The anatomical record.* 1996; 246:39-46
129. GARCIA P, SCHWENZER S, SLOTTA JE, SCHEUER C, TAMI AE, HOLSTEIN JH. Ihibition of angiotensin-converting enzyme stimulates fractures healing and periosteal callus formation – role of a local renin- angiotensin system. *British journal of pharmacology.* 2010; 159 1672-1680
130. GALLUPO LD. The trauma patient: preoperative evaluation and management. *Memorias del curso AO principios básicos del tratamiento de fracturas en caballos;* 2009 septiembre 23-26; Ciudad de México, México: AOVET international, 2009 : 3-20
131. NIXON AJ. General considerations in selecting cases for general fractures. In: NIXON AJ. *Equine fracture repair.* United States of America: W.B. Saunders, 1996: 30-35

132. BRAMLAGE LR. First aid and transportation of fracture patients. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 36-42
133. MUDGE MC, BRAMLAGE LR. Field fracture management. Vet Clin N Amer: Equine Practice. 2007; 23(1): 117-133
134. AUER JA. Principles of fracture treatment. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1047-1080
135. FÜRST AE. Emergency treatment and transportation of equine fracture patients. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1015-1024
136. GALLUPO LD. Postoperative management of the fracture patient. Memorias del curso AO principios básicos del tratamiento de fracturas en caballos; 2009 septiembre 23-26; Ciudad de México, México: AOVET international, 2009
137. NUNAMAKER DM. On bone and fracture treatment in the horse. AAEP PROCEEDINGS 2002; 48: 90-101
138. HOULTON JEF, DUNNING D. Perioperative patient management. In: JOHNSON AL, HOULTON JEF, VANNINI R. AO principles of fracture management in the dog and cat. Switzerland. 2005: 1-25
139. NIXON AJ, WATKINS JP, AUER JA. Principles of fracture fixation. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 63- 86
140. RÜEDI TP, BUCKLEY RE, MORAN CG. AO Principles of Fracture Management volumen 1- principios 2^a ed. New York: Thieme, 2007
141. KOCK D, ROE SC. Implants: description and application. In: JOHNSON AL, HOULTON JEF, VANNINI R. AO principles of fracture management in the dog and cat. Switzerland. 2005: 26- 73
142. LEVINE DG, RICHARDSON DW. Clinical use of the locking compression plate (LCP) in horses: a retrospective study of the 31 cases (2004- 2006). Equine vet. J. 2007; 39(5): 401-405
143. MARKEL MD. Bone grafts and bone substitutes. In: NIXON AJ. Equine fracture repair. United States of America: W.B. Saunders, 1996: 87-92
144. AUER JA, VON RECHENBERG B, HOFMANN-AMTENBRINK M. Bone grafts and bone replacements. In: AUER JA, STICK JA. Equine surgery. 4^a ed. St. Louis Missouri: 2012: 1081-1095

145. AUER JA, FACKELMAN GE. Allogeneic grafts and bone substitutes. In: BRAMLAGE LR, RICHARDSON DW, MARKEL MD, VON SALIS B. AO principles of equine osteosynthesis. Stuttgart-New York: Thieme, 1999: 333-350
146. HARRIS FK, GALUPPO LD, DECOCK HV, MCDUFFEE LA, MACDONALD MH. Evaluation of a technique for collection of cancellous bone graft from the proximal humerus in horses. *Vet. Surg.* 2004; 33: 293-300
147. YSUSI AB. Diagnostico orientado a problemas en las claudicaciones de los equinos, enfermedades oseas y articulares. Estudio de revisión. (Tesis de licenciatura) México. D.F: UNAM, 2012
148. PAYNE RJ, COMPSTON PC. Short-and long-term results following standing fracture repair in 34 horses. *Equine vet. J.* 2012; 44: 721-750
149. CLEGG PD. Musculoskeletal disease and injury, now and in the future. Part 1: fractures and fatalities. *Equine vet. J.* 2011; 43(6): 643-649
150. GALLUPO LD. Postoperative management of the fracture patient. Memorias del curso AO principios básicos del tratamiento de fracturas en caballos; 2009 septiembre 23-26; Ciudad de México, México: AOVET international, 2009.