



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD



REVISIÓN SISTEMÁTICA DE UNA FRACTURA COMPLETA CONMINUTA
DE METACARPO EN EQUINOS



AUTOR

VIVIANA MISHHELL ABAD AGUILAR

AÑO

2020



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

REVISIÓN SISTEMÁTICA DE UNA FRACTURA COMPLETA CONMINUTA DE
METACARPO EN EQUINOS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Médico Veterinario y Zootecnista

Profesor Guía

Dra. Mary Esmeralda Bernal Sierra

Autor

Viviana Mishell Abad Aguilar

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, "Revisión Sistemática de una fractura completa conminuta de metacarpo en Equinos", a través de reuniones periódicas con el estudiante Viviana Mishell Abad Aguilar, en el semestre 2020-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Mary Esmeralda Bernal Sierra

Médico Veterinario

CI: 1721017026

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, "Revisión Sistemática de una fractura completa conminuta de metacarpo en Equinos", de Viviana Mishell Abad Aguilar, en el semestre 2020-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Joar Marcelino García Flores
Médico Veterinario Zootecnista
CI: 1708655475

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”



Viviana Mishell Abad Aguilar

CI: 1721593273

AGRADECIMIENTOS

A mis padres quienes han sido los principales promotores de mis sueños. Gracias por siempre desear lo mejor para mí, por cada consejo y palabra que me guiaron durante toda mi vida. A mi hermano que ha sido siempre mi ejemplo a seguir.

A la Dra. Mary Bernal por ser guía y ayuda en la realización de este trabajo.

Al Dr. Lucas Giraldo por resolver mis dudas en cuanto a cirugía ortopédica en equinos.

Al Dr. Christian Paredes, mi maestro y guía, quien con paciencia me ha transmitido sabios conocimientos para lograr mis metas.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo.

DEDICATORIA

A mis queridos padres y a mi hermano que los amo infinitamente.

Con mucho esfuerzo este trabajo lo dedico para los animales por los que me preparo día a día.

RESUMEN

Las fracturas conminutas de huesos largos ocurren comúnmente en equinos y a menudo están relacionadas con complicaciones ya que se asocian con daño en los tejidos blandos, por tal razón la eutanasia ha sido por mucho tiempo el tratamiento de elección, en la actualidad, se ha logrado minimizar esta práctica debido al desarrollo tecnológico de materiales ortopédicos y a la existencia de diversas opciones de manejo que incluyen: fijación interna, fijación externa, injertos óseos, yesos y amputaciones. Los factores a ser evaluados son: la ubicación, la configuración de la fractura, el peso y el temperamento del paciente, lo que permite elegir un tratamiento adecuado basado en la combinación de varias técnicas, por lo que es importante que el cirujano esté debidamente capacitado. Existe el riesgo de complicaciones posteriores a la intervención como laminitis en las extremidades de soporte, falla en el implante y osteomielitis si no se realiza una valoración exhaustiva del paciente. Las fracturas conminutas tienen mejor pronóstico en potros debido a que la cicatrización de los huesos es más rápida y el peso es menor, mientras que en caballos adultos el pronóstico es reservado.

ABSTRACT

Comminuted long bone fractures commonly occur in horses and are frequently related to complications because they are associated with soft tissue damage, for which reason euthanasia has long been the treatment of choice, and has now been achieved. This practice was successful due to the technological development of orthopedic materials and the existence of various management options including: internal fixation, external fixation, bone grafts, casts and amputations. The factors to be evaluated are: the location, the configurations of the fracture, the weight and the temperament of the patient, which allows choosing and appropriate treatment in the combination of several techniques, so it is important that the surgeon is trained. There is a risk of post-intervention complications such as laminitis in the supporting extremities, implant failure, and osteomyelitis if a thorough evaluation of the patient is not performed. Comminuted fractures have a better prognosis in foals due to faster bone healing and less weight, while in adult horses the prognosis is poor.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. Pregunta de Investigación	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Estructura del Hueso	3
2.1.1. Osteoblastos.....	3
2.1.2. Osteocitos.....	3
2.1.3. Osteoclastos	4
2.2. Crecimiento óseo en equinos (cierre epifisiario)	4
2.3. Hueso Metacarpiano	6
2.3.1. Articulaciones	7
2.3.2. Vasos Sanguíneos, Nervios, Ligamentos y Tendones	7
2.4. Causas de fractura de huesos largos	10
2.5. Consideraciones Generales de una Fractura	11
2.5.1. Factores que determinan el pronóstico.....	11
2.6. Fracturas completas en el hueso Metacarpo III	12
2.6.1. Pronóstico.....	13
2.7. Clasificación de las fracturas	13
2.8. Métodos de Diagnóstico	15
2.8.1. Radiografía	16
2.8.2. Ultrasonido	22
2.9. Tratamiento de emergencia.....	22
2.9.1. Sedación o Anestesia	22
2.9.2. Manejo inicial de la herida	23
2.9.3. Estabilización de la fractura.....	24
2.9.4. Tipos de estabilización	26
2.9.5. Terapia analgésica y antiinflamatoria	31
2.9.6. Terapia antimicrobiana	32

2.9.7. Terapia de Fluidos intravenoso.....	32
2.10. Transporte del equino fracturado.....	33
2.10.1. Equipamiento.....	33
2.10.2. Transporte en un arnés de apoyo.....	34
2.10.3. Transporte de caballos acostados.....	35
2.11. Curación ósea.....	36
2.12. Tratamientos.....	39
2.12.1. Tratamientos a través del tiempo.....	40
2.13. Tratamiento Quirúrgico.....	42
2.14. Manejo Pre operatorio.....	43
2.14.1. Cateterismo.....	43
2.14.2. Evaluación del sistema cardiovascular.....	45
2.14.3. Pruebas complementarias.....	46
2.14.4. Pre Medicación.....	46
2.14.5. Técnica aséptica.....	48
2.14.6. Anestesia.....	50
2.15. Manejo Intra operatorio.....	52
2.16. Instrumentos.....	54
2.17. Fijación Interna.....	58
2.17.1. Técnica Quirúrgica.....	60
2.18. Fijación Externa.....	62
2.18.1. Procedimiento.....	64
2.19. Injertos óseos.....	66
2.20. Yesos.....	66
2.21. Amputaciones.....	68
2.21.1. Patologías considerables para una amputación.....	68
2.21.2. Consideraciones para realizar la cirugía.....	69
2.21.3. Pronóstico.....	70
2.21.4. Técnica Quirúrgica.....	70
2.21.5. Materiales.....	70
2.21.6. Prótesis y Ortesis.....	71
2.22. Eutanasia.....	72

2.22.1. Técnica de eutanasia.....	73
2.23. Manejo Post Quirúrgico	74
2.23.1. Complicaciones Post Quirúrgicas	74
2.24. Fisioterapia.....	75
2.24.1. Terapia manual.....	76
2.24.2. Electroterapia.....	76
2.24.3. Tratamiento basado en ejercicios terapéuticos	77
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	77
3.1. Delimitación geográfica	77
3.2. Selección de base de datos.....	78
3.3. Materiales.....	78
Oficina 78	
3.4. Metodología.....	79
3.4.1. Criterios de Inclusión	79
3.4.2. Criterios de Exclusión	79
3.4.3. Términos.....	80
3.4.4. Conectores Booleanos	80
3.5. Análisis Crítico.....	80
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
4.1. Diagrama de flujo del prisma	81
4.2. Discusión.....	82
4.3. Limitantes.....	85
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
.....	85
5.1. Conclusiones	85
5.2. Recomendaciones.....	86
REFERENCIAS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Ligamentos y Tendones de la extremidad anterior del equino. Tomado de <i>Carmona, 2011</i>	9
<i>Figura 2</i> Vasos Sanguíneos y Nervios de la extremidad del equino. Tomado de <i>Baxter, 2020</i>	10
<i>Figura 3</i> Configuración de las fracturas. Tomado de <i>Vásquez, 2014</i>	14
<i>Figura 4</i> Posición del paciente y colimación para obtener la vista dorso-palmar del metacarpo. Tomado de <i>Weaver & Barakzai, 2010</i>	17
<i>Figura 5</i> Proyección radiográfica Dorso-palmar del metacarpo. a. Tercer metacarpiano, b. Segundo y Cuarto metacarpiano, c. Sesamoideos proximales. Tomado de <i>Llano, 2011</i>	18
<i>Figura 6</i> . Posición del paciente y colimación para obtener una vista latero-medial del metacarpo. Tomado de <i>Weaver & Barakzai, 2010</i>	19
<i>Figura 7</i> Proyección radiográfica latero-medial del metacarpo. a. Tercer metacarpiano, b. Segundo y cuarto metacarpiano, c. Sesamoideos proximales. Tomado de <i>Llano, 2011</i>	19
<i>Figura 8</i> Posición del paciente y colimación para obtener la vista Dosolateral-palmaromedial oblicua del metacarpo. Tomado de <i>Llano, 2011</i>	20
<i>Figura 9</i> Proyección radiográfica Dorsolateral-palmaromedial del metacarpo. a. Tercer metacarpiano, b. Segundo y cuarto metacarpiano, c. Sesamoideos Proximales. Tomado de <i>Llano, 2011</i>	20
<i>Figura 10</i> Posición del paciente y colimación para obtener la vista Dorsomedial-palmarolateral oblicua del metacarpo. Tomado de <i>Llano, 2011</i>	21
<i>Figura 11</i> Proyección radiográfica Dorsomedial-palmarolateral oblicua del metacarpo. 1. Segundo hueso metacarpiano, 2. Tercer hueso metacarpiano, 3. Hueso Sesamoideo proximal medial, 4. Articulación metacarpofalangiana, 5. Cuarto hueso metacarpiano, 6. Articulación carpometacarpiana. Tomado de <i>Llano, 2011</i>	21
<i>Figura 12</i> Regiones de las extremidades divididas de acuerdo con diferentes requisitos de férula. Tomado de <i>Knottenbelt & Malalana, 2015</i>	25
<i>Figura 13</i> Vendaje Robert Jones completo en el miembro anterior. Tomado de A. E. Furst, 2012.....	28
<i>Figura 14</i> Vendaje completo de Robert Jones con férulas laterales y caudales. Tomado de A. E. Furst, 2012.....	29
<i>Figura 15</i> Yeso aplicado en la extremidad anterior. Tomado de A. E. Furst, 2012.....	30
<i>Figura 16</i> Bota de compresión. Tomado de <i>Nixon, 2020</i>	31
<i>Figura 17</i> Sistema de remolque con rampa delantera y trasera. Tomado de A. E. Furst, 2012.....	34
<i>Figura 18</i> Caballo transportado con un arnés de soporte. Tomado de A. E. Furst, 2012.....	35
<i>Figura 19</i> Caballo transportado recostado sobre un colchón de aire. Dos asistentes ayudan con la anestesia. Tomado de A. E. Furst, 2012.....	36

<i>Figura 20</i> Cuatro tipos de tejidos blandos asociados con la curación de fracturas. Tomado de <i>Nixon, 2020</i> .	37
<i>Figura 21</i> Fases de curación ósea. Stage 1. Hematoma, Stage 2. Formación de callo fibrocartilaginoso, Stage 3. Formación de callo óseo, Stage 4. Remodelación ósea. Tomado de <i>Morshed & Ding, 2017</i> .	39
<i>Figura 22</i> Antibióticos adecuados para uso profiláctico y terapéutico en casos de reparación de fracturas equinas. Tomado de <i>Nixon, 2020</i> .	47
<i>Figura 23</i> Soluciones antisépticas para el lavado preoperatorio. Tomado de <i>Álvarez et al., 2017</i> .	49
<i>Figura 24</i> Lavado antiséptico pre quirúrgico de manos del personal de salud. Tomado de <i>Álvarez et al., 2017</i> .	50
<i>Figura 25</i> Inducción de anestesia usando una mesa inclinable. Tomado de <i>Clarke et al., 2014</i> .	51
<i>Figura 26</i> Taladro ortopédico. Tomado de <i>AOVET, 2020</i> .	54
<i>Figura 27</i> Brocas ortopédicas. Tomado de <i>AOVET, 2020</i> .	55
<i>Figura 28</i> Medidor de profundidad ortopédico. Tomado de <i>AOVET, 2020</i> .	55
<i>Figura 29</i> Tornillos veterinarios usados en grandes animales. Tomado de <i>Auer & Stick, 2019</i> .	57
<i>Figura 30</i> a. Placa DCP y LC-DCP, b. Placa LCP. Tomado de <i>Auer & Stick, 2019</i> .	58
<i>Figura 31</i> Técnica Quirúrgica Fijación con dos placas. Tomado de <i>A. Furst et al., 2020</i> .	61
<i>Figura 32</i> Seguimiento radiográfico de la reparación de una fractura con fijación interna de dos placas. Tomado de <i>A. Furst et al., 2020</i> .	62
<i>Figura 33</i> Colocación de dos pasadores de transfijación en el radio distal en una fractura severamente conminuta del tercer metacarpiano en un equino. Tomado de <i>Baxter, 2020</i> .	64
<i>Figura 34</i> a. Pin de transfijación, b. Dispositivo Externo de fijación esquelética. Tomado de <i>A. Furst et al., 2020</i> .	65
<i>Figura 35</i> A). Fractura severamente conminuta del tercer metacarpo en un potro de 16 semanas de edad. B). Dos semanas después de que se colocó el yeso. C) Unión ósea por formación de callos, se observa la osteopenia de la extremidad distal y los huesos sesamoideos proximales asociados con la inmovilización prolongada del yeso. Tomado de <i>Nixon, 2020</i> .	67
<i>Figura 36</i> Yeso de Thomas modificado en la extremidad anterior de un potro. El yeso se aplica a lo largo del miembro. Tomado de <i>Ladefoged et al., 2017</i> .	68
<i>Figura 37</i> Niveles de Amputación en las extremidades del equino. Tomado de <i>Verocay, 2020</i> .	69
<i>Figura 38</i> Colgajo para realizar el muñón. Tomado de <i>Verocay, 2020</i> .	71
<i>Figura 39</i> Ortesis transitoria. Tomado de <i>Verocay, 2020</i> .	72
<i>Figura 40</i> Ortesis definitiva. Tomado de <i>Verocay, 2020</i> .	72
<i>Figura 41</i> Checklist Análisis Crítico	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Rango de Tiempos de Cierre de la Placa de Crecimiento (Fisis) en las Extremidades Torácicas Equinas.</i>	5
Tabla 2 <i>Rango de tiempos de cierre de la placa de crecimiento (fisis) en las extremidades pélvicas equinas.</i>	6
Tabla 3 <i>Regiones de las extremidades para la colocación de férulas.</i>	26

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las fracturas en los caballos afectan a animales de todas las edades y razas y son problemas comunes, aproximadamente el 5% de la población anual de equinos es diagnosticada con una fractura (Donati et al., 2018). Un estudio epidemiológico de la Universidad de Zurich en Suiza en el que se evaluó 1144 equinos fracturados, demostró que los tipos de fracturas más usuales son: Salter Haris, fracturas por depresión, fisuras, fracturas conminutas y fracturas simples, de las cuales las menos frecuentes son las de tipo Salter Haris presentándose en un 0,8%, mientras que las más frecuentes son fracturas simples con el 47%, las fracturas conminutas que se presentan en un 15,6%.

Las fracturas conminutas tienen una tasa de recuperación se vio afectada principalmente por los siguientes factores: el tipo de hueso involucrado, la gravedad de la claudicación y el grado de conminución, por consiguiente, este tipo de fracturas en diferentes huesos de los miembros del aparato locomotor del equino han sido catalogadas como complejas y están frecuentemente relacionadas con complicaciones como laminitis. Brindar primeros auxilios en campo es de gran importancia para luego tomar decisiones adecuadas junto con el propietario para el pronóstico del paciente.

En el Ecuador existen escasas investigaciones a cerca de las fracturas en los equinos, pero es importante mencionar que en los últimos años se ha desarrollado tipos de manejo quirúrgico y terapéutico en el campo de la ortopedia equina, un ejemplo de esto es el estudio de un caso acerca de la resolución quirúrgica de un proceso exostósico en el miembro posterior izquierdo, en la articulación interfalángica proximal en un equino deportivo, dicho trabajo no corresponde al tema tratado en este estudio, pero es fundamental mencionarlo ya que abre las puertas al conocimiento sobre la medicina ortopédica en el país (Alarcón, 2018). A diferencia de otros países a nivel mundial que por décadas han investigado y desarrollado técnicas de tratamiento para equinos fracturados, un ejemplo de esto es un estudio realizado en la Universidad de Saskatchewan,

en Canadá titulado "In vitro mechanical evaluation of three transfixation pin-cast constructs applied to equine forelimbs", en el cual se compara tres diferentes construcciones de fijadores externos con el fin de dar soporte a la fractura (Thomas et al., 2018). Otro ejemplo importante es un estudio realizado en la Universidad de Porto Alegre en Brasil, que tiene como título "Histologic and immunohistochemical evaluation of biocompatibility of castor oil polyurethane polymer with calcium carbonate in equine bone tissue" el cual evalúa la efectividad de diferentes biomateriales que ayudan al crecimiento de hueso nuevo (Nóbrega et al., 2017). Con lo cual han logrado adquirir experiencia en la resolución de dichas lesiones, teniendo como resultado el pronto retorno de los caballos a su función zootécnica o la preservación de la vida como animales de reproducción.

La complejidad inherente a la consolidación de fracturas conminutas requiere mantener a la comunidad veterinaria actualizada en cuanto al avance en los procedimientos de manejo y transporte de los animales, el uso de nuevos materiales, así como también de los tratamientos quirúrgicos y clínicos que se deben implementar en cada caso.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Realizar una Revisión Sistemática de una fractura completa conminuta de metacarpo en Equinos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la viabilidad de reparación según la ubicación de la fractura y determinar el pronóstico.
- Recopilar datos de investigaciones realizadas para la reparación de fracturas conminutas de metacarpo.
- Comparar los diferentes métodos que existen para la reparación de las fracturas conminutas de metacarpo.

1.2. Pregunta de Investigación

¿La fijación interna es el tratamiento de elección para la reparación de las fracturas conminutas, y que consideraciones se debe tener para el éxito del tratamiento?

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Estructura del Hueso

El hueso tiene una organización estructural única que le permite responder a una demanda física y bioquímica y le permite cumplir con diferentes funciones, como la protección de órganos internos, permitir la locomoción y el almacenamiento de calcio y fósforo. Además, es altamente vascularizado lo que le da una excelente capacidad de recuperación (Nixon, 2020).

El tejido óseo está constituido por cuatro tipos de células: osteoblastos, osteocitos, células de revestimiento y osteoclastos. Los tres primeros nacen de células osteoprogenitoras de origen mesenquimatoso, mientras que los osteoclastos se derivan de células madre hematopoyéticas de la línea de los macrófagos (Linden et al., 2016).

2.1.1. Osteoblastos

Los osteoblastos son responsables de la fabricación de osteoides que son una de las células que ayudan a la resorción y la formación ósea, depositan este osteoide en la superficie del hueso, envolviéndose a sí mismos en capas concéntricas formando las lagunas osteoides. Los osteoblastos contienen un retículo endoplásmico, ribosomas, aparato de Golgi y mitocondrias, los cuales son responsables de darle al hueso una alta actividad metabólica productiva (Linden et al., 2016).

2.1.2. Osteocitos

Los osteocitos son las células más abundantes del tejido óseo que residen en lagunas que son espacios pequeños dentro de la matriz mineralizada, estos son nutridos por medio de conductos que se ramifican en todo el hueso llamados

canalículos óseos (conductos de Havers). Estas células tienen menor cantidad de organelos pero tienen una gran cantidad de procesos citoplasmáticos (Linden et al., 2016).

2.1.3. Osteoclastos

Los osteoclastos son los principales responsables de la resorción ósea. Son fácilmente reconocibles histológicamente ya que son células grandes, multinucleadas con citoplasma eosinófilo, están situadas a menudo dentro de las lagunas de Howship, la presencia de dichas lagunas en la superficie ósea es evidencia de reabsorción previa en ese sitio (Linden et al., 2016).

2.2. Crecimiento óseo en equinos (cierre epifisiario)

En el desarrollo fetal, la mayoría de los huesos son cartílagos para después osificarse y convertirse en hueso. El hueso inmaduro es dividido en cuatro secciones (epífisis, fisis, metáfisis y diáfisis). La fisis o también conocida placa de crecimiento es una lámina de cartílago y es la responsable del crecimiento de la mayoría del hueso en animales jóvenes a través de la osificación endocondral. Está presente en uno o en ambos extremos de hueso y separa la epífisis y la metáfisis. La anchura de la lámina epifisiaria es proporcional a la rapidez del crecimiento, este parámetro es modificado por diversas hormonas, principalmente por la hormona del crecimiento, este crecimiento lineal del hueso se produce durante el lapso en el que las epífisis están separadas de la diáfisis. La fisis de varios huesos se cierra en una sucesión cronológica, de tal manera que es posible determinar la edad aproximada de un individuo joven por medio de radiografías del esqueleto (Baxter, 2020; Uribe, 2014).

Tabla 1 *Rango de Tiempos de Cierre de la Placa de Crecimiento (Fisis) en las Extremidades Torácicas Equinas.*

Región	Rango de Tiempo
Escápula	
Proximal	36 meses
Distal	9-18 meses
Húmero	
Proximal	26-42 meses
Distal	11-34 meses
Radio	
Proximal	11-25 meses
Distal	22-42 meses
Ulna	
Proximal	27-42 meses
Distal	2-12 meses (hasta los 4 años es normal).
Metacarpo III	
Proximal	Antes del nacimiento
Distal	6-18 meses
Falange proximal	
Proximal	6-15 meses
Distal	Antes del nacimiento hasta 1 mes después
Falange media	
Proximal	6-15 meses
Distal	Antes del nacimiento hasta 1 semana después
Falange distal	
Proximal	Antes del nacimiento

Tomado de Baxter, 2020.

Tabla 2 *Rango de tiempos de cierre de la placa de crecimiento (fisis) en las extremidades pélvicas equinas.*

Región	Rango de Tiempo
Ilion, Isquion y Pubis	10-12 meses
Fémur	
Proximal	36-42 meses
Distal	22-42 meses
Tibia	
Proximal	36-42 meses
Distal	17-24 meses
Fíbula	
Proximal	3,5 años
Distal	3-12 meses (hasta los 4 años es normal).

Tomado de Baxter, 2020.

2.3. Hueso Metacarpiano

El hueso del metacarpo equino está conformado por tres huesos, El Metacarpo 2, 3 y 4. Los metacarpianos 1 y 5 han desaparecido, de estos el tercero es el más desarrollado y se lo conoce como hueso de cañón, los otros dos, el segundo y cuarto son reducidos y delgados, aproximadamente un tercio más cortos que el hueso de cañón y comúnmente llamados pequeños metacarpianos, el segundo se encuentra hacia medial y el cuarto hacia lateral (Budras, 2008; S. Sisson, 1982).

Los huesos metacarpianos 2 y 4 están unidos al tercer metacarpiano por el ligamento interóseo (Nixon, 2020).

El tercer metacarpiano es un hueso robusto y largo (25-35 cm de largo) que está formado por un cuerpo y dos extremidades. El cuerpo es semicilíndrico y presenta dos superficies y dos bordes (S. Sisson, 1982).

2.3.1. Articulaciones

Los huesos metacarpianos se articulan hacia proximal con la fila distal de los huesos del carpo; el segundo metacarpiano se articula con el segundo y tercer carpo; el tercer metacarpiano se articula con el segundo y tercer carpo y el cuarto metacarpiano con el cuarto carpo (Baxter, 2020).

Hacia distal del metacarpo se articula con las falanges: proximal, media y distal, las cuales pertenecen al esqueleto de soporte del tercer dígito. La falange proximal, también conocida como primera falange es la más larga de las tres y presenta un área rugosa triangular en su superficie palmar, la falange media o también llamada segunda falange y por último la falange distal que se la conoce como tercera falange o hueso ataúd por su morfología (Budras, 2008).

Los huesos sesamoideos proximales son dos y se articulan con el tercer metacarpiano, mientras que el sesamoideo distal, conocido como hueso navicular, se encuentra dentro del casco y se articula tanto con la falange media como con la falange distal. Estos huesos son de considerable importancia clínica en los equinos (Budras, 2008).

2.3.2. Vasos Sanguíneos, Nervios, Ligamentos y Tendones

Dorsal

La piel, fascia y tendones extensores digitales del metacarpo recibe suministro de sangre de las arterias metacarpiana dorsales laterales y mediales, las cuales se originan de la parte dorsal de los huesos carpianos y descienden por el gran metacarpiano, mientras que la inervación en esta zona está dada por el nervio cutáneo antebraquial y la rama dorsal del nervio ulnar (Baxter, 2020; Budras, 2008).

El tendón extensor digital común se inclina hacia proximolateral a travesando la superficie dorsal del tercer hueso metacarpiano. El tendón extensor digital lateral se posiciona lateral al extensor digital común (Baxter, 2020).

Medial y Lateral

La vena palmar medial pasa hacia proximal en la cara medial del metacarpo. En la mitad distal, la vena está relacionada palmarmente con el nervio palmar medial. En la mitad proximal la arteria palmar medial es palmar a la vena. En el centro de la región metacarpiana, el nervio palmar medial desprende una rama comunicante que cursa que cursa distolateral en la fascia subcutánea, a través de los tendones flexores digitales, para unirse al nervio palmar lateral distal. El nervio palmar medial no emite ramas cutáneas proximales a esta rama comunicante. Los nervios palmares inervan los tendones flexores digitales y la piel que los cubre y se relacionan don el borde dorsal del tendón flexor digital profundo y los bordes del ligamento suspensorio (Baxter, 2020).

Palmar

El tendón flexor digital superficial está profundo para la piel y la fascia se origina desde el radio, pasa a lo largo del metacarpo y se inserta por debajo de la articulación interfalángica proximal y media. El tendón flexor digital profundo se apoya contra la superficie palmar del ligamento suspensorio y se origina desde la parte caudal del carpo y termina en la falange distal. Estos tendones ayudan a dar soporte a los huesos y articulaciones cuando la extremidad es flexionada. La vaina sinovial carpiana que encierra a ambos tendones flexores digitales se extiende hasta a mitad del metacarpo (Budras, 2008).

El ligamento suspensorio se origina de la fila distal de los huesos del carpo y el extremo proximal del tercer hueso metacarpiano. Hacia proximal existen dos lóbulos que contiene cantidades variables de músculo y tejido adiposo, en el tercio distal de la región metacarpiana el ligamento se divide en ramas laterales y mediales que se insertan en la cara lateral y medial de los huesos sesamoideos proximales (Dyson et al., 1995).

Los nervios metacarpianos palmar medial y lateral se encuentran en las ranuras formadas por el tercer hueso metacarpiano con los respectivos huesos metacarpianos pequeños. Los dos nervios se originan en la rama profunda del nervio palmar lateral (Baxter, 2020).

Las arterias metacarpianas se originan en el arco proximal palmar profundo, un complejo anastomótico formado por la terminación de la arteria radial que pasa sobre el ligamento suspensorio para unirse a la rama palmar más pequeña de la arteria media. Parte del arco se encuentra entre el ligamento accesorio del tendón flexor digital profunda y el ligamento suspensorio; una rama transversal inconstante más pequeña se encuentra profunda al ligamento suspensorio en el tercer hueso metacarpiano (Baxter, 2020).

Pequeñas ramas de las arterias metacarpianas palmar medial y lateral se extienden a través de espacios interóseos para unirse a las arterias metacarpianas dorsales medial y lateral. En el cuarto distal del metacarpo, las arterias metacarpianas palmar medial y lateral se unen para formar el arco palmar profundo distal. Una rama de este arco a la arteria digital lateral se denomina arco palmar superficial. Una vena palmar metacarpiana grande y única se extiende proximal para unirse al arco palmar venoso profundo. Los patrones vasculares descritos anteriormente están sujetos a variaciones, pero las variaciones no tienen importancia clínica (Baxter, 2020).

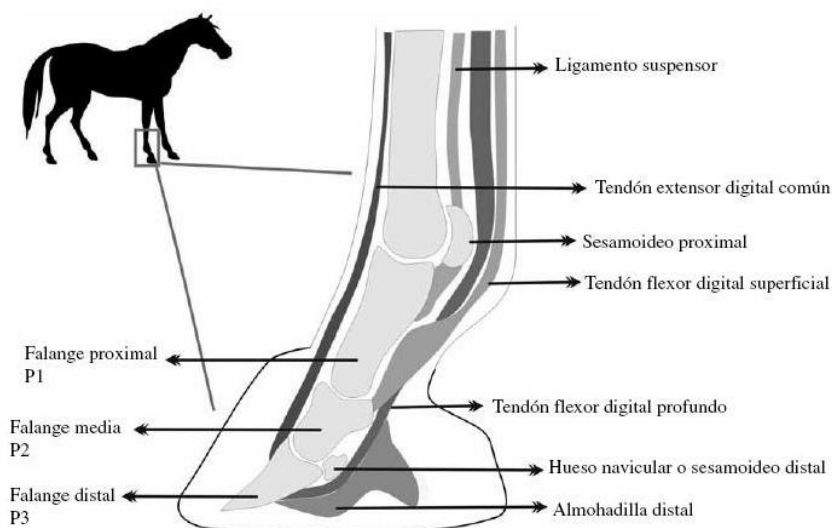


Figura 1 Ligamentos y Tendones de la extremidad anterior del equino.

Tomado de *Carmona, 2011*

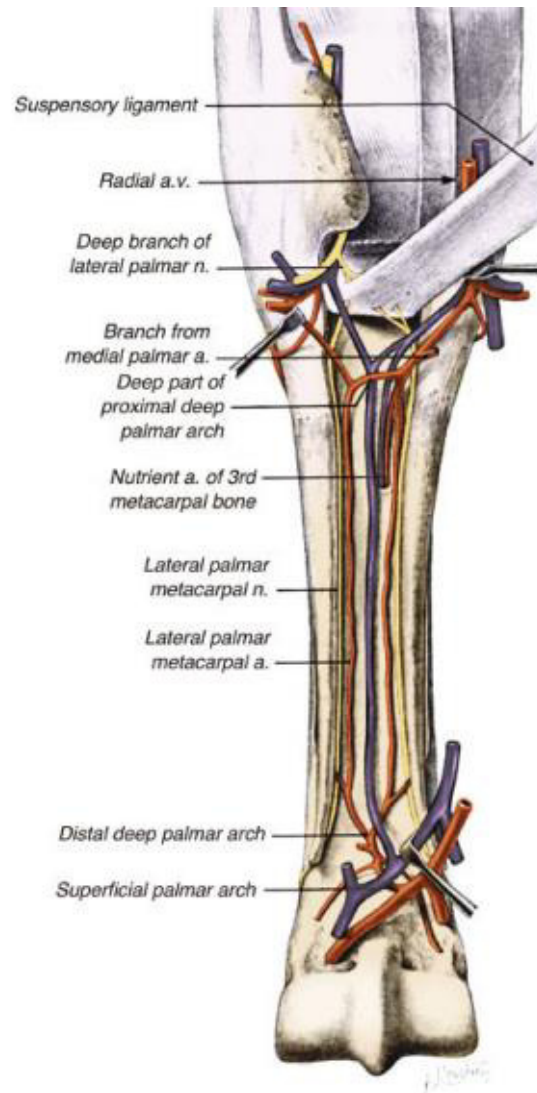


Figura 2 Vasos Sanguíneos y Nervios de la extremidad del equino. Tomado de Baxter, 2020.

2.4. Causas de fractura de huesos largos

Las fracturas en los huesos pueden darse por traumas en diversas ocasiones, las lesiones que comúnmente suceden son las patadas de otros caballos, caídas en huecos del suelo o durante los entrenamientos o las competencias. En los potros sucede generalmente cuando la madre pisa el miembro. También puede ser producto de enfermedades como sepsis u osteomielitis (Baxter, 2020).

2.5. Consideraciones Generales de una Fractura

Las fracturas en equinos pueden ocurrir a cualquier edad e involucran huesos de casi todo el cuerpo. La respuesta biomecánica del hueso depende de varios factores, entre ellos se incluyen, la anatomía del hueso, propiedades del material de tejido óseo, modo de aplicar la carga la duración y frecuencia de la misma (Nixon, 2020).

El tratamiento para las fracturas requiere de la valoración clínica y debe llevarse exhaustivamente, ya que es importante para valorar la complejidad de la fractura. Una pérdida masiva de tejidos blandos es el principal factor limitante para el tratamiento exitoso de las fracturas, ya que el daño tisular expone a los huesos. Un ejemplo son las fracturas conminutas ya que se asocian con daño a los tejidos blandos y por ende el pronóstico es de reservado a malo en este tipo de fracturas. Generalmente el tratamiento de la mayoría de las fracturas es quirúrgico (Nixon, 2020).

Durante las actividades normales en un equino sano se aplican fuerzas a los huesos en varios momentos y direcciones produciendo tensión compresión, sobreflexión (Uribe, 2014).

2.5.1. Factores que determinan el pronóstico

- Tipo y locación de la fractura
- Fractura cerrada o abierta
- Grado de daño tisular y vascular
- Edad, temperamento, raza y peso del caballo
- Fractura simple o múltiple
- Efectividad de la atención de primeros auxilios aplicados en el campo.
- Objetivo del propietario y disponibilidad económica.
- Lapso de tiempo entre la fractura y la reparación
- Ubicación zonal en el hueso (Diáfisis, Metáfisis, Fisis y Epífisis)

(Nixon, 2020).

El tipo y la locación de la fractura son los primeros determinantes para una reparación y recuperación exitosa. Una fractura estable de un hueso tiene más probabilidad de una reparación exitosa que una completa. Mientras que las fracturas abiertas necesitan un abordaje quirúrgico emergente ya que la exposición de los huesos al exterior durante mucho tiempo pueden volverse graves, tanto en términos económicos como en la probabilidad de éxito (Nixon, 2020). Las fracturas del hueso metacarpiano son comunes por lo que esta reparación sirve de modelo para muchas fijaciones internas ya que la forma aplanada del hueso ayuda para que la aplicación sea más sencilla (Knottenbelt & Malalana, 2015).

2.6. Fracturas completas en el hueso Metacarpo III

Las fracturas del hueso del cañón pueden ocurrir en cualquier edad o raza del caballo y en diferentes lugares a lo largo de este, incluso en las articulaciones ya sean hacia proximal o distal. La fractura conminuta se caracteriza por la rotura de un hueso en varias piezas pequeñas. La causa más habitual para la fractura del tercer hueso metacarpiano es sin duda ocasionadas por traumatismos, a menudo incluye lesiones de alta velocidad como patadas, lesiones asociadas con agujeros en el suelo, accidentes por resbalones y accidentes con vehículos en movimiento. Estas lesiones se caracterizan por lo general por pérdida de tejidos blandos causados por los fragmentos óseos (Baxter, 2020; Jiliang Li, Melissa A. Kacena, 2019). Se ha evidenciado que es más común en animales jóvenes. Los caballos adultos con mayor frecuencia adquieren fracturas conminutas de la diáfisis o la metáfisis proximal o distal (Glass & Watts, 2017).

Este tipo de fracturas pueden ser inicialmente obvias y fáciles de diagnosticar, los caballos generalmente tienen la extremidad sin apoyar y con una angulación anormal. Es habitual que estas fracturas se conviertan en abiertas después de que la lesión ocurra, aproximadamente el 50% de las fracturas están abiertas, esto debido a la mínima cantidad de tejidos blandos que existen alrededor de este hueso (Jiliang Li, Melissa A. Kacena, 2019).

2.6.1. Pronóstico

Las fracturas transversas, oblicuas, levemente conminuta y las que se ubican en la región media del hueso de cañón en potros menores de 7 meses de edad tienen un buen pronóstico con fijación interna, mientras que los caballos adultos con fracturas equivalentes tienen un pronóstico reservado debido a su tamaño ya que genera riesgo de complicaciones. Las fracturas abiertas conminuta tienen un pronóstico de reservado a malo por su mala recuperación (Baxter, 2020).

2.7. Clasificación de las fracturas

La clasificación de las fracturas permite que haya mayor información sobre el tratamiento, la probabilidad de éxito y las complicaciones posteriores.

Las fracturas se clasifican según los siguientes criterios:

1. Fractura completa o incompleta

Completa: La línea de fractura abarca las dos cortezas

Incompleta: La línea de fractura no compromete en su totalidad el espesor del hueso (Nixon, 2020).

2. Estable o inestable (desplazada o no desplazada)

Estable: No tiende a desplazarse, generalmente fracturas transversas u oblicuas menor a los 45°

Inestable: Tienden a desplazarse, fracturas oblicuas mayores a 45° (Nixon, 2020).

3. Abierta o Cerrada

a. *Abierta tipo I:* La abertura de la piel es menor a 1 cm, no existe gran pérdida de la piel, exposición y contaminación del hueso y tejidos subyacentes al este.

b. *Abierta tipo II:* Laceración grande pero no existe mayor pérdida de tejidos blandos, hay mínima exposición y contaminación del hueso y tejidos subyacentes.

c. *Abierta tipo III:* Laceraciones grandes, gran pérdida de tejidos blandos y contaminación del hueso y tejidos subyacentes.

- IIIA: Existe bastante tejido sano que ayuda a cubrir la herida en la cirugía
- IIIB: Se requiere cirugía plástica para cubrir el hueso.
- IIIC: Existe un severo daño vascular.

(Vásquez, 2014).

4. Configuración

- Fisura o Tallo verde*: Grieta que se extiende desde la superficie hacia la corteza, pero no a través de ella.
- Depresión*: Tienen un área de la corteza desplazada debajo de la superficie del hueso.
- Salter Haris*: Involucran la placa de crecimiento en equinos jóvenes,
- Espiral*: La ruptura es alrededor del hueso.
- Oblicua*: Rotura diagonal a través del hueso.
- Transversa*: La ruptura es en línea recta a través del hueso.
- Avulsión*: Se produce por tracción de los ligamentos o tendones que se insertan en los huesos.
- Conminuta*: Fracturas que tienen múltiples fragmentos.

(Donati et al., 2018; Nixon, 2020; Vásquez, 2014).

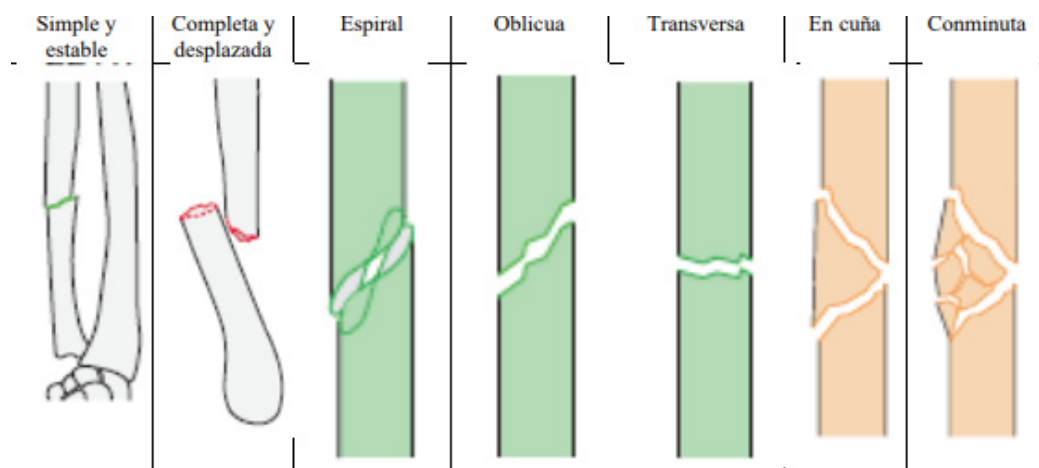


Figura 3 Configuración de las fracturas. Tomado de Vásquez, 2014.

2.8. Métodos de Diagnóstico

En un paciente con una severa cojera y signos de inestabilidad ósea, heridas, hematomas, crepitación, inflamación y edema, debe considerarse como una fractura, si hay duda, el paciente debe ser tratado y manejado de igual manera como un paciente fracturado (Donati et al., 2018). El grado de claudicación varía dependiendo de acuerdo a las características de la fractura y del hueso afectado, siendo las fracturas completas, desplazadas y conminutas de huesos largos las que presentan un mayor grado de claudicación (AAEP, 2020).

Grados de claudicación

0: Cojera no perceptible bajo ninguna circunstancia.

1: La cojera es difícil de observar y no es constantemente aparente, independientemente de las circunstancias (en superficies duras, círculos, inclinaciones, etc.).

2: La cojera es difícil de observar al caminar o al trotar en línea recta, pero es evidente en ciertas circunstancias, por ejemplo, carga de peso, círculos, inclinaciones, superficies duras, etc.

3: La cojera es constante observable al trote en todas las circunstancias.

4: La cojera es obvia en una caminata.

5: La cojera produce una carga de peso mínima en movimiento y/o en reposo o una incapacidad total para moverse.

(AAEP, 2020).

Para poder llegar a un diagnóstico de fractura, en primer lugar se debe realizar el examen físico, el cual determina la condición sistémica del paciente y es obligatorio en pacientes fracturados ya que las laceraciones o lesiones que se pasen por alto podrían afectar al diagnóstico y pronóstico, por ende para poder llegar al diagnóstico es necesario realizar un examen clínico minucioso. El examen físico consta de diferentes pasos como la auscultación de la frecuencia cardíaca, la presión del pulso, el tiempo de llenado capilar, turgencia de la piel y

el color de las membranas mucosas, todas estas ayudarán a determinar si el paciente se encuentra en un estado de shock (Baxter, 2020). Un caballo puede perder de 5 a 7 L de sangre antes de mostrar signos de shock, Se puede evidenciar compromiso cardiovascular en casos de traumas como accidentes de carreras, vehículos o impactos que generen lesiones en las arterias, lo que hace que se evidencien hematomas, sin embargo, la liberación de catecolaminas asociadas con la lesión y el estrés que este genera puede empeorar esta presentación clínica (Donati et al., 2018). La evaluación de la extremidad lesionada debe incluir una inspección visual, una palpación y manipulación, mirar el movimiento y el posicionamiento de la extremidad pueden ser muy útiles para evaluar el lugar de la fractura y determinar si el hueso, tejidos blandos o ambos están lesionados. Un signo patognomónico de las fracturas es la pérdida de la función de la estructura (Nixon, 2020).

Después del examen físico inicial, puede haber varios diagnósticos presuntivos que pueden ser: rotura de ligamentos o tendones, luxación articular o fractura. Utilizar diferentes métodos de diagnóstico como radiografías o ultrasonido, siendo la radiografía el método más útil para determinar la extensión de la fractura y evaluarla, además que son las que confirman el diagnóstico y ayudan a dar un pronóstico más preciso para la curación y recuperación del caballo.

2.8.1. Radiografía

Las radiografías con un mínimo de cuatro vistas son necesarias para obtener la mayor cantidad de información y ayudar a identificar la línea de fractura, este es, ya que así se puede considerar el tipo de tratamiento a realizarse, para ello. En muchos casos para la obtención de radiografías de calidad diagnóstica se puede requerir sedación ya que la manipulación del miembro afectado llega a ser muy dolorosa (Baxter, 2020; Weaver & Barakzai, 2010).

Estructuras visualizadas

- Tercer Metacarpiano
- Segundo y cuarto metacarpiano
- Articulación carpometacarpiana

- Articulación metacarpofalángica

(Llano, 2011).

Proyecciones

Se pueden realizar proyecciones dorso-palmar, latero-medial, dorsolateral-palmaromedial oblicua y dorsomedial-palmarolateral oblicua con distintas angulaciones (30°, 45° o 60°) con respecto al eje transversal del tercer metacarpiano (Llano, 2011; Weaver & Barakzai, 2010)

- Dorso-palmar

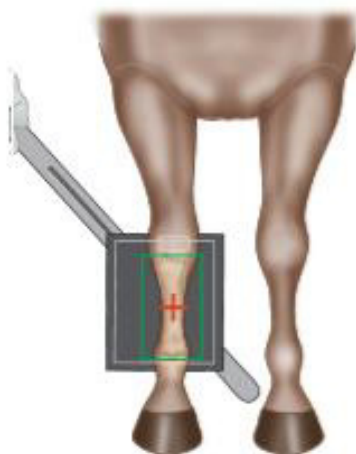


Figura 4 Posición del paciente y colimación para obtener la vista dorso-palmar del metacarpo. Tomado de *Weaver & Barakzai, 2010*.

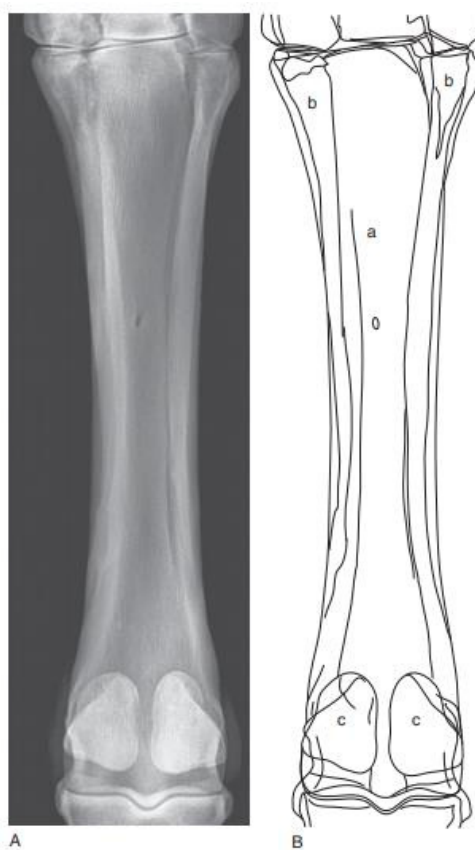


Figura 5 Proyección radiográfica Dorso-palmar del metacarpo. a. Tercer metacarpiano, b. Segundo y Cuarto metacarpiano, c. Sesamoideos proximales. Tomado de *Llano, 2011*.

- Latero-medial

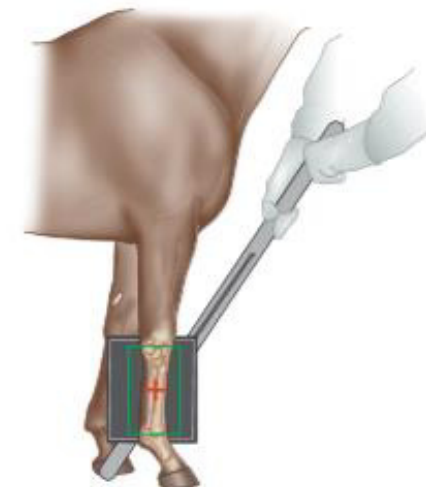


Figura 6 . Posición del paciente y colimación para obtener una vista latero-medial del metacarpo. Tomado de Weaver & Barakzai, 2010.

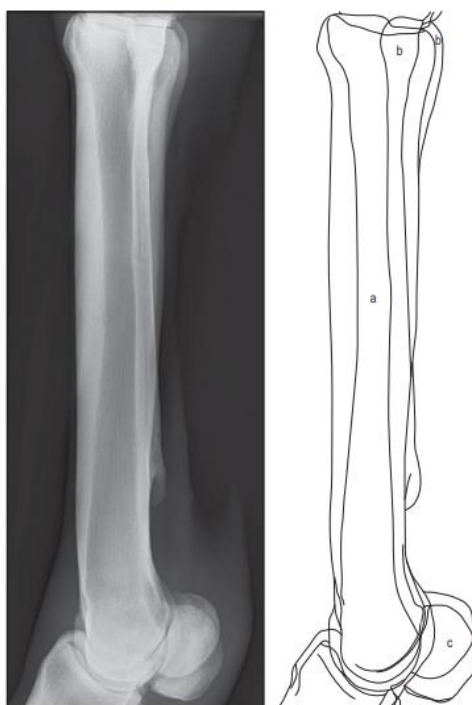


Figura 7 Proyección radiográfica latero-medial del metacarpo. a. Tercer metacarpiano, b. Segundo y cuarto metacarpiano, c. Sesamoideos proximales. Tomado de Llano, 2011.

- Dorsolateral-palmaromedial oblicua

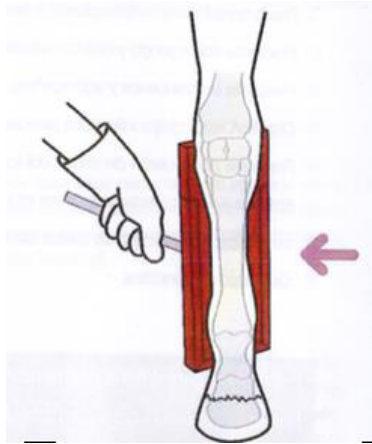


Figura 8 Posición del paciente y colimación para obtener la vista Dorsolateral-palmaromedial oblicua del metacarpo. Tomado de *Llano, 2011*.

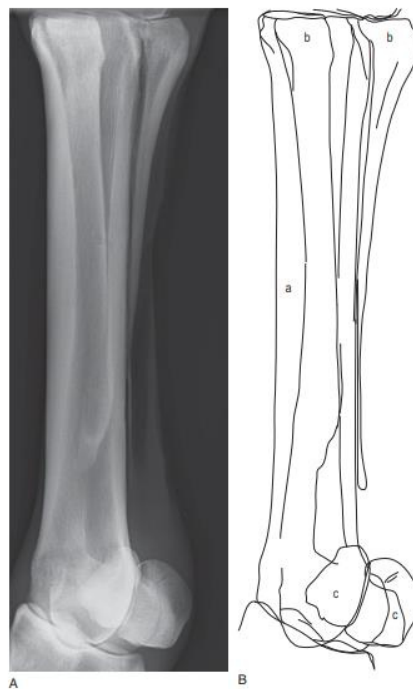


Figura 9 Proyección radiográfica Dorsolateral-palmaromedial del metacarpo. a. Tercer metacarpiano, b. Segundo y cuarto metacarpiano, c. Sesamoideos Proximales. Tomado de *Llano, 2011*.

- Dorsomedial-palmarolateral oblicua

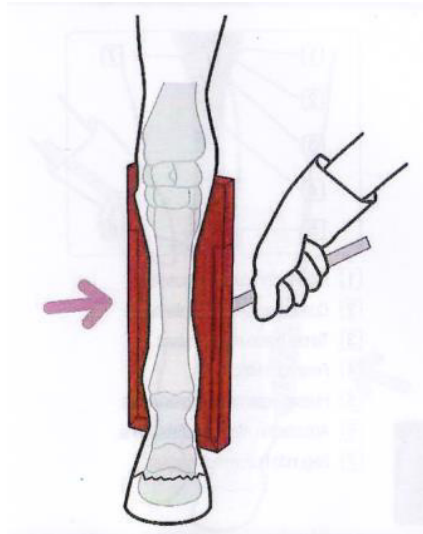


Figura 10 Posición del paciente y colimación para obtener la vista Dorsomedial-palmarolateral oblicua del metacarpo. Tomado de Llano, 2011.

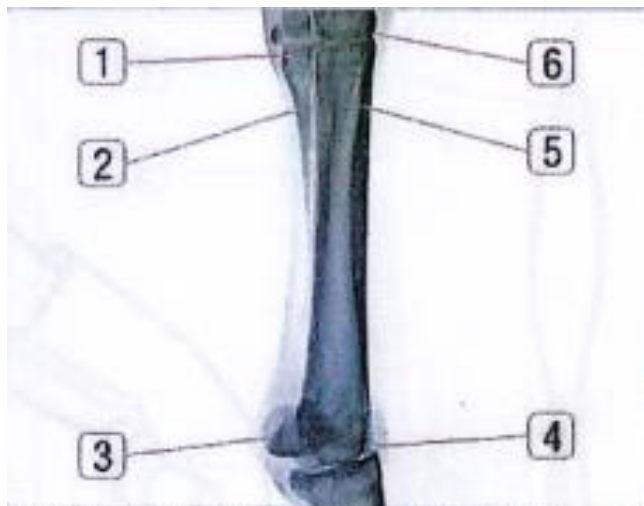


Figura 11 Proyección radiográfica Dorsomedial-palmarolateral oblicua del metacarpo. 1. Segundo hueso metacarpiano, 2. Tercer hueso metacarpiano, 3. Hueso Sesamoideo proximal medial, 4. Articulación metacarpofalangiana, 5. Cuarto hueso metacarpiano, 6. Articulación carpometacarpiana. Tomado de Llano, 2011.

2.8.2. Ultrasonido

Un ultrasonido se puede realizar para evaluar tejidos blandos y observar roturas de tendones o ligamentos, particularmente en el área del origen del ligamento suspensorio y ligamentos sesamoideos (Glass & Watts, 2017).

2.9. Tratamiento de emergencia

Antes de empezar la evaluación inicial se debe observar que no existan riesgos tanto para el personal como para otros animales, además de riesgos de otras lesiones e incluso la muerte. Las medidas de primeros auxilios de pacientes con fracturas deben tener el objetivo de restringir lesiones de tejidos blandos, evitar la penetración de la piel por un fragmento óseo, minimizar el daño de la extremidad lesionada, limitar el riesgo de contaminación y mantenerla en una condición que permita la posterior reparación. Rescatar caballos fracturados es un procedimiento complejo que debe estar bien planeado y ejecutado con calma, aunque debe llevarse a cabo lo más rápido posible, debe ser realizado por un veterinario experimentado con caballos, ya que en situaciones especiales se puede requerir sedación o anestesia, además es el paso inicial, para que el caballo sea referido a un hospital que se especialice en el manejo y reparación de los problemas de fracturas (Knottenbelt & Malalana, 2015).

El tratamiento óptimo de emergencia debe incluir los siguientes pasos: Sedación o anestesia, manejo inicial de la herida, estabilización de la fractura, administración adecuada de medicamentos analgésicos y antiinflamatorios, manejo de infecciones y la fluidoterapia de rescate intravenoso (A. E. Fürst, 2012).

2.9.1. Sedación o Anestesia

Antes de administrar cualquier medicamento es necesario evaluar que el caballo no se encuentre en un estado de shock o con alguna hemorragia severa. La utilización o no de sedantes dependerá del carácter del paciente, y las circunstancias presentes en el momento. Lo que puede ser efectivo para un caballo puede ser contraproducente para otro (A. E. Fürst, 2012). Los caballos

generalmente no son buenos tolerando la coaptación externa, especialmente si se trata de huesos largos ya que causa mucha ansiedad y dolor, lo que puede conducir a reacciones violentas. Para ello el uso de medicamentos α_2 -agonistas es la mejor elección, ya que tienen pocos efectos secundarios, poseen mínimos efectos cardiovasculares y además proporcionan a su vez algo de analgesia. El uso de xilacina (0,3-0,8 mg/kg, IV) puede ser usado para procedimientos cortos y clorhidrato detomidina (10-20 μ g/kg) para sedaciones más extensas. Para la sedación y analgesia se puede administrar un derivado de la morfina, el tartrato de butorfanol (la dosis de este medicamento varía de acuerdo al tipo de emergencia) está indicado para varias aplicaciones en caballos y es ideal para analgesia en fracturas. Se recomienda una combinación que garantiza una buena sedación de detomidina (0,005-0,02 mg/kg) con butorfanol (0,02-0,08 mg/kg) vía IV o IM. La xilacina (0,2-1 mg/kg) puede usarse en reemplazo de la detomidina. (Nixon, 2020). La adición de la acepromacina (0,02 mg/kg), ayuda a prolongar la duración de la sedación. sin embargo, este no debe usarse en sementales o pacientes fisiológicamente comprometidos, debido a sus efectos vasodilatadores lo que puede causar un shock neurogénico. Después de la administración de dichos medicamentos se requiere esperar menos de 5 minutos para obtener los efectos de la sedación. Caballos agitados generalmente responden mal a los sedantes por lo que requieren una dosis más alta de lo normal. Por el contrario dosis menores son requeridas luego de realizar el examen físico y determinar que la salud del caballo se encuentra comprometida, como por ejemplo un shock. Los potros requieren sedaciones más fuertes para facilitar una buena estabilización (Baxter, 2020; A. E. Fürst, 2012). Para algunos procedimientos de rescate es necesaria una anestesia profunda puede llegar a ser necesaria. Diversas combinaciones de medicamentos como xilacina-diazepam-ketamina, proporcionan anestesia confiable incluso cuando se trata de una situación de emergencia (A. E. Fürst, 2012; Ruggles, 2015).

2.9.2. Manejo inicial de la herida

Las heridas deben tratarse con cuidado, el pelo que se encuentra alrededor de la herida se debe retirar, luego se debe realizar una limpieza del área con agua

y con jabón, una vez hecho esto es necesario colocar un ungüento antibiótico para finalmente colocar un vendaje estéril (A. E. Fürst, 2012; Vásquez, 2014).

2.9.3. Estabilización de la fractura

La estabilización de la extremidad fracturada es el aspecto más importante del tratamiento inicial ya que permite al paciente soportar el peso, ayudando a que no exista daño excesivo a la fractura y a los tejidos blandos. Los objetivos de la estabilización de las fracturas son:

- 1. Reducción del dolor y la ansiedad y el apoyo en el miembro afectado.* Los caballos intentan mover una extremidad fracturada constantemente, tratando de encontrar una posición estable, el movimiento continuo de los huesos fracturados lesiona los tejidos blandos lo que hace que la reparación de dicha fractura sea más difícil, además el dolor causado por este movimiento y la inestabilidad hace que el paciente se estrese, por lo que la rápida y efectiva estabilización mejora el bienestar general del animal (A. E. Fürst, 2012).
- 2. Prevención de un compromiso de salud mayor del paciente.* Los caballos no son buenos equilibrándose en tres extremidades por lo que intentan utilizar la extremidad fracturada, esto causa que el movimiento repetido de la extremidad traumatiza aún más la fractura y los tejidos blandos complicando la reconstrucción del hueso cuya integridad es importante para el tratamiento de las fracturas. Las fracturas abiertas de los huesos largos tienen un mal pronóstico, por lo tanto hay que ser muy cautelosos para evitar que una fractura cerrada se convierta en abierta, esto ocurre muy a menudo en la región distal de las extremidades como el metacarpo/metatarso por el poco tejido que existe entre el hueso y la piel (A. E. Fürst, 2012).
- 3. Inmovilización de las articulaciones adyacentes.* Las articulaciones que se encuentran por encima y por debajo del hueso fracturado deben estar

correctamente inmovilizadas, esto se lo puede lograr con algún método de coaptación externa (Vendajes, férulas y yesos) (A. E. Fürst, 2012).

Para lograr una estabilización óptima de la fractura se debe tener en cuenta la biomecánica de la fractura, ya que como se mencionó anteriormente el soporte inadecuado puede empeorar la fractura e incluso volverse intratable.

Las extremidades se pueden dividir funcionalmente en cuatro regiones diferentes, en las cuales se hará el debido procedimiento con vendajes y férulas de acuerdo al lugar de fractura (Knottenbelt & Malalana, 2015).

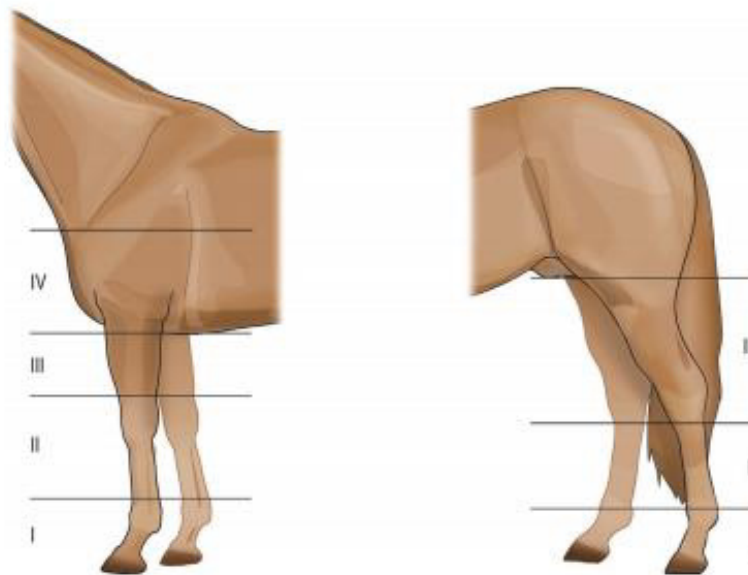


Figura 12 Regiones de las extremidades divididas de acuerdo con diferentes requisitos de férula. Tomado de *Knottenbelt & Malalana, 2015*.

Tabla 3 *Regiones de las extremidades para la colocación de férulas.*

Región	Miembro Anterior	Miembro Posterior
I	<i>Desde la extremidad distal hasta hueso metacarpiano distal: falanges I, II y III, huesos sesamoideos proximales y cóndilos distales del metacarpo III.</i>	<i>Extremidad distal hasta hueso metatarsiano distal: falanges I, II y III, huesos sesamoideos proximales y cóndilos distales del metatarso III.</i>
II	<i>Desde el metacarpo medio hasta el radio proximal, carpo y radio distal</i>	<i>Desde el metatarso distal hasta el tarso: eje medio y proximal del metatarso y tarso</i>
III	<i>Desde el radio distal hasta la articulación del codo: eje medio y cara proximal del radio.</i>	<i>Desde el tarso hasta la rodilla: Tibia, fíbula, calcáneo y fémur distal</i>
IV	<i>Proximal al codo: húmero, ulna y escápula.</i>	<i>Proximal a la rodilla: Fémur y cadera.</i>

Tomado de Knottenbelt & Malalana, 2015.

La región I y II involucran las fracturas del metacarpo III. La coaptación externa se aplica extendiéndose desde la superficie del casco, hasta la región del codo (Knottenbelt & Malalana, 2015).

2.9.4. Tipos de estabilización

Todos los materiales y equipos necesarios deben estar a la mano antes de comenzar cualquier vendaje.

Indicaciones

- Minimizar el movimiento y la extravasación de fluidos para controlar la inflamación y las posibles hemorragias, es necesario cuidar el no aplicar presión excesiva durante más de dos horas ya que puede existir necrosis tisular.
- Inflamación crónica, la cual es producida por una falla en la remoción de los fluidos tisulares por el fracaso de venas y vasos linfáticos, puede deberse a una falta de movimiento o daños en la vascularización. Se debe colocar vendajes de presión de manera periódica.
- Inflamación asociada con el ejercicio: incremento fisiológico del movimiento de fluido desde los vasos al intersticio. Pueden usarse vendajes durante y después del ejercicio.
- Soporte del miembro contralateral, cuando existe una lesión en el otro miembro y se busca minimizar la presión en el que se apoya más.

(Oliva, 2019).

Vendaje Robert Jones: Es uno de los vendajes más utilizados, el cual fue desarrollado en sus inicios para la inmovilización de las extremidades humanas. Consta de muchas capas de algodón (10-15 rollos). El espesor ideal no debe pasar más de 2 cm para que la venda se mantenga en su lugar, las capas que son demasiado gruesas permite el movimiento de los fragmentos óseos o el deslizamiento de la férula. El diámetro total debe ser tres veces más que el diámetro del miembro normal, en un adulto lo ideal es 20 – 25 cm y en un potrillo 15 – 20 cm (Knottenbelt & Malalana, 2015). Cada capa es aplicada más fuerte que la anterior, y luego debe ser apretado con una venda de gasa y venda elástica (A. E. Fürst, 2012). En equinos tiene varias indicaciones:

- Proporcionar apoyo de primeros auxilios para una fractura
- Aliviar el dolor y la ansiedad
- Controlar el edema después de un trauma
- Apoyar una extremidad después de la extracción de un dispositivo de fijación externo o interno.
- Proteger implantes y tejidos blandos

El vendaje completo de Robert Jones debe ser duro, este tipo de vendaje no se puede utilizar para estabilizar una extremidad fracturada por mucho tiempo sin la adición de férulas (A. E. Fürst, 2012).



Figura 13 Vendaje Robert Jones completo en el miembro anterior. Tomado de A. E. Fürst, 2012.

Férulas: Las férulas de cloruro de polivinilo (PVC) son muy estables y económicas, pero son un poco difíciles de moldear a no ser que se utilice calor. Fraktomed es una férula que está hecha de un polímero del alcohol polivinílico, es adecuada para inmovilizar una fractura pero rara vez se encuentra comercialmente disponible. La férula de Thomas generalmente no es apta para caballos y no debe usarse para entablillar una extremidad fracturada. Si no se encuentra cualquiera de estos materiales también se pueden improvisar con varillas de metal, palos de escoba, tableros de madera y cualquier otro material que sea resistente y rígido. Las férulas deben aplicarse craneal o caudal y en los laterales de la extremidad y se la ajusta en su lugar con una cinta no elástica (A. E. Fürst, 2012; Nixon, 2020; Ruggles, 2015).

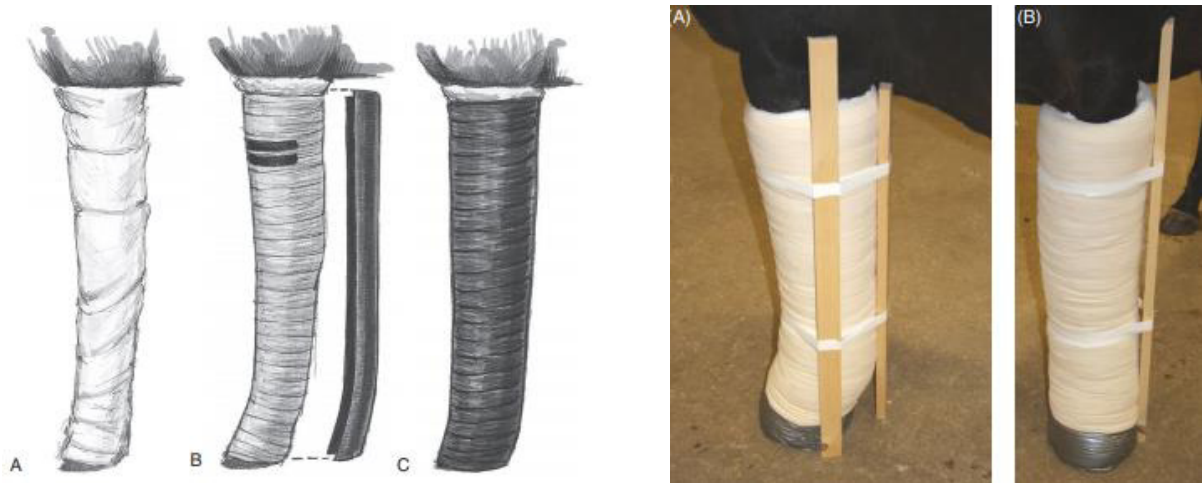


Figura 14 Vendaje completo de Robert Jones con férulas laterales y caudales. Tomado de A. E. Furst, 2012.

Yesos: Los materiales de yesos adecuados para inmovilizar las extremidades de los equinos están hechos con fibra de vidrio que debe ser impregnada con resina de poliuretano. Este tipo de yesos son muy fuertes, ligeros y fáciles de aplicar (A. E. Furst, 2012) recomienda en fracturas de metacarpo aplicar un yeso o una férula que vaya desde el casco hasta la articulación del codo.

La aplicación de yeso es difícil en el caballo de pie, para lograr un trabajo óptimo el paciente debe estar inmóvil y relajado para evitar micro fracturas y dobleces en el yeso lo que puede reducir la fuerza, provocar úlceras por presión, inestabilidad o una obstrucción vascular, por lo que muchas veces los yesos deben aplicarse bajo anestesia general (Knottenbelt & Malalana, 2015).

Remoción de yeso

- Sedación o anestesia general

- Marcar el lugar de corte y con la sierra de yeso cortar a profundidad completa, no intentar quitar el yeso hasta que se pueda quitar en un solo movimiento.

(Knottenbelt & Malalana, 2015).

No se debe aplicar presión alta en un vendaje o un yeso si se lo debe dejar por más de 2 a 3 horas, ya que puede ocasionar necrosis de la piel y es muy difícil de tratar y a menudo es más grave que la lesión original (Nixon, 2020).



Figura 15 Yeso aplicado en la extremidad anterior. Tomado de A. E. Furst, 2012.

Botas de compresión: Tienen una conformación de bloqueo de aproximadamente 135°, tiene la función de sostener a la extremidad distal. Está hecha de un copolímero plástico. Existen dos tamaños diferentes para acomodarse a los diferentes tamaños del casco del caballo. Una desventaja importante de las botas de compresión es el elevado costo (Nixon, 2020).

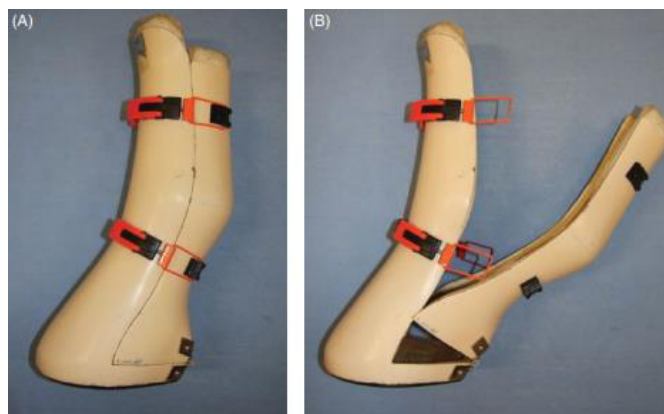


Figura 16 Bota de compresión. Tomado de Nixon, 2020.

2.9.5. Terapia analgésica y antiinflamatoria

Probablemente el analgésico más efectivo para una extremidad fracturada es la inmovilización, pero es necesario administrar analgésicos y antiinflamatorios no esteroideos (AINE's) a los caballos luego de que la fractura haya sido estabilizada. Fármacos como la fenilbutazona (2,2-4,4 mg/kg), ketoprofeno (2,2 mg/kg) o flunixin meglumine (1,1 mg/kg) son las terapias comúnmente administradas para lesiones musculoesqueléticas en caballos (A. E. Fürst, 2012; Nixon, 2020). Los antiinflamatorios cortico esteroideos es innecesaria ya que el nivel de corticoides endógenos estarán elevados luego del trauma (Knottenbelt & Malalana, 2015).

La terapia con anticoagulantes es importante en el tratamiento de fracturas con daño vascular (cuando no existe hemorragia activa). En caballos se tiene diferentes opciones farmacológicas, siendo una de ellas el ácido acetilsalicílico (10-20 mg/kg) que tiene propiedades antitrombóticas. Se puede utilizar dos tipos de heparinas: heparina no fragmentada (HNF) y heparina de bajo peso molecular (HBPM) para la prevención de trombosis en caballos. La HBPM (40-80 UI/kg, IV inicialmente y a continuación 40 UI/kg, IV cada 12 horas) suele presentar menos efectos secundarios que la HNF (150 UI/kg, SC, como dosis inicial; 125 UI/kg, SC cada 12 horas durante 3 días; 100 UI/kg, SC cada 12 horas) pero su coste es mucho mayor (Knottenbelt & Malalana, 2015).

Un protocolo adecuado de medicamentos es muy importante para la atenuación de la ansiedad y el dolor para el paciente, evitando que el cuadro clínico empeore, pero es importante recalcar que el uso de un analgésico potente está contraindicado cuando la estabilización de la fractura es inadecuada ya que esto conduce a que no haya dolor y exista una sobrecarga en la extremidad lesionada. El control de la inflamación es un paso importante para evitar el riesgo de trombosis, ayudar a la perfusión de la extremidad y prepararla para la cirugía (Knottenbelt & Malalana, 2015).

2.9.6. Terapia antimicrobiana

La administración de antibióticos por vía sistémica debe realizarse de manera inmediata para fracturas abiertas, caso contrario puede esperar hasta antes de la cirugía para que logre concentraciones efectivas en sangre y en tejidos. Un antibiótico muy nombre es la elección de 30 000 UI/ kg de penicilina cristalina y 7 mg/ kg de sulfato de gentamicina, ambos deben ser administrados por vía intravenosa (A. E. Fürst, 2012).

Cuando hay heridas abiertas asociadas a la fractura, es necesario considerar una profilaxis antitetánica. Para caballos que han sido colocados la vacuna menos de un año antes de la lesión, se puede dar un refuerzo con toxoide tetánico, mientras que si el estado de vacunación es desconocido se debe dar una dosis de antitoxina tetánica (1 500 UI) por vía intramuscular (Knottenbelt & Malalana, 2015).

2.9.7. Terapia de Fluidos intravenoso

Las fracturas muy rara vez se asocian con hemorragias severas, pero el dolor puede generar un shock neurológico, lo que hace que los fluidos cambien, por lo cual se debe apoyar con una terapia de fluidos intravenosos. La administración de Ringer Lactato (10-20 L) suele ser adecuada en los primeros momentos para la estabilización y transporte del caballo al hospital (Knottenbelt & Malalana, 2015). En potros se recomienda utilizar una solución de electrolitos y glucosa, con una dosis de hasta el 2% del peso corporal y con una velocidad de goteo máxima, para la prevención de una hipoglucemia (Nixon, 2020).

2.10. Transporte del equino fracturado

Generalmente estas lesiones se producen en entornos difíciles para la atención de los pacientes, como en carreteras o en el campo, por ende, al llegar al lugar, son muchas las evaluaciones iniciales que se debe realizar, una de ellas es evaluar la movilización del caballo, incluso a distancias cortas (Bertone, 1994; Ruggles, 2015).

Con frecuencia, caballos con fracturas son transportados sin un tratamiento de emergencia adecuado, que compromete la posibilidad de una reparación quirúrgica exitosa. Desafortunadamente la mayoría de las fracturas si no son manejadas con el cuidado debido, están expuestas a un trauma adicional. El caballo fracturado debe ser transportado con cuidado y lo más humanamente posible. Sería ventajoso transportar a estos animales en remolques especializados para caballos heridos, el cual debe tener suficiente espacio para dos caballos de pie o un caballo reclinado. Debe tener el suficiente espacio para manejar al caballo desde cualquier lado. El techo del remolque debe ser de aproximadamente 30 cm más alto que en los remolques de caballos estándar, debe ser equipado con piso antideslizante, debe estar bien ventilado y con un buen sistema de iluminación. El vehículo debe estar construido con un material sólido como el aluminio. Las rampas de carga y descarga deben ser largas para que la pendiente sea mínima, lo cual es importante para los caballos que utilizan férula y deben tener una superficie antideslizante, y al final debe quedar al ras del suelo. Existen remolques con sistema hidráulico, lo que permite que la parte trasera del vehículo baje al suelo y que la carga del paciente se facilite (A. E. Fürst, 2012; Nixon, 2020).

2.10.1. Equipamiento

- El vehículo debe contener un marco resistente para apoyar un arnés, se requiere con un peso mínimo de transporte de 1200 kg.
- Camilla en la que el animal reclinado se puede tirar del remolque.
- Cortinas o muebles ligeros para bloquear la vista desde afuera
- El conductor del vehículo debe poder observar lo que sucede a través de una cámara y tener contacto de audio con los asistentes.

- Calentador y el piso debe estar acolchado, por ejemplo con un colchón de aire, para minimizar las vibraciones durante el transporte, cuando el animal esta acostado.
- Las instalaciones deben ser ajustables para acomodar caballos de diferentes razas y tamaños.
- Debe estar abastecido con todos los suministros médicos necesarios para diferentes tratamientos de emergencia (A. E. Fürst, 2012).



Figura 17 Sistema de remolque con rampa delantera y trasera. Tomado de A. E. Fürst, 2012.

Se recomienda que los caballos con fracturas en las extremidades anteriores sean transportados mirando hacia atrás para aliviar el estrés en las extremidades anteriores durante el frenado (Ruggles, 2015).

2.10.2. Transporte en un arnés de apoyo

Es necesario utilizar un arnés de apoyo para transportar caballos con lesiones graves, esto proporciona alivio para un caballo herido. Para este tipo de transporte, una persona, este puede ser un veterinario debe siempre estar presente en el camión para brindar un cuidado óptimo para el paciente. El arnés debe estar ajustado adecuadamente verificando que no interfiera con la respiración y el equilibrio del caballo. Caballos que son transportados con un

arnés se evidencia que llegan al hospital con un mejor estado que lo que no lo son (A. E. Fürst, 2012).

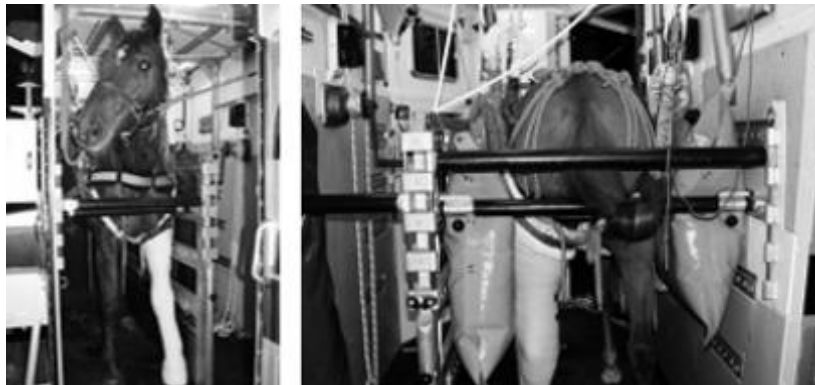


Figura 18 Caballo transportado con un arnés de soporte. Tomado de A. E. Fürst, 2012.

2.10.3. Transporte de caballos acostados

Los caballos siempre deben transportarse de pie, pero los caballos que no pueden pararse pueden ser transportados acostados para que esto se dé es necesario inducir anestesia durante todo el viaje, la anestesia debe ser realizada por un médico veterinario. La duración del transporte en tales casos debe ser lo más rápido posible, no debe exceder los 90 minutos. Si el viaje es más largo se necesita de una máquina de anestesia inhalatoria junto con la suplementación de oxígeno. El vehículo en estos casos debe tener un tapete en el suelo como un colchón de aire y brindar protección para la cabeza, con estas medidas de seguridad los caballos pueden ser transportados grandes distancias sin el riesgo de necrosis por presión o daño de los nervios (A. E. Fürst, 2012).



Figura 19 Caballo transportado recostado sobre un colchón de aire. Dos asistentes ayudan con la anestesia. Tomado de A. E. Furst, 2012.

En países como Suiza existen unidades de rescate de animales grandes en la que utilizan grúas o helicópteros cuando el caballo se encuentra en una situación peligrosa y la movilización del animal se vuelve difícil (A. E. Fürst, 2012).

2.11. Curación ósea

La curación de fracturas es el resultado de la reconstitución de la estructura original que involucra una serie de procesos importantes. El hueso tiene la habilidad de ser capaz de sanar completamente luego de una fractura. Los cuatro componentes que contribuyen al proceso de curación de la lesión son: la corteza, el periostio, la médula ósea y los tejidos blandos externos, por lo que los mecanismos que controlan los procesos de reparación de fracturas son estímulos moleculares que provocan que las células del sitio de fractura alteren su tasa normal de crecimiento, guiado por citocinas y factores de crecimiento que aumentan la cicatrización de la fractura (Nixon, 2020).

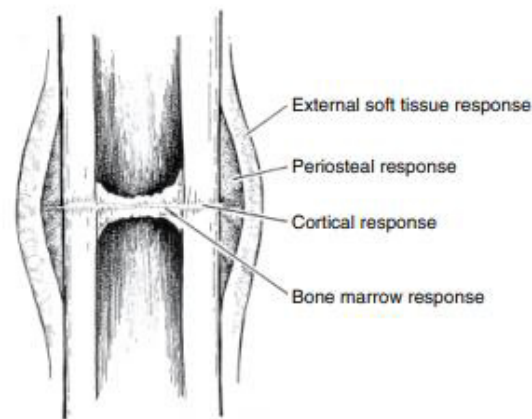


Figura 20 Cuatro tipos de tejidos blandos asociados con la curación de fracturas.

Tomado de *Nixon, 2020*.

Los factores que influyen en la curación de fracturas se dividen en locales y sistemáticos. Los factores sistemáticos incluyen la edad, el estado nutricional del paciente, niveles hormonales, función nerviosa, mientras que los factores locales incluyen el grado de trauma, presencia de lesión vascular, grado de pérdida ósea y presencia de infección (Nixon, 2020). La vascularidad adecuada de los tejidos blandos y hueso, es importante para que ocurra la reparación de las fracturas. El hueso recibe su suministro de sangre por medio de su vaso nutricio y tejidos blandos del periostio y gran parte de este suministro de sangre puede ser interrumpido al momento que se genera una fractura. La integridad del suministro de sangre perióstica puede ser difícil de evaluar antes de la intervención quirúrgica, esto hace que la fijación interna sea una técnica arriesgada ya que sin la vascularidad adecuada el tejido tendrá un mayor riesgo de necrosis e infecciones (Morshed & Ding, 2017).

El conocimiento de los principios biológicos es esencial para un tratamiento exitoso. Los procesos de curación de las fracturas, se pueden dividir en al menos tres fases: inflamación, reparación y remodelación (Morshed & Ding, 2017).

Fase Inflamatoria

Formación de hematomas

Esta etapa comienza inmediatamente después de la fractura y puede durar hasta 5 días. El hematoma se forma alrededor del sitio de la fractura, debido a que los vasos sanguíneos que irrigan el hueso y el periostio se rompen durante la fractura. La lesión en los huesos produce la secreción de citocinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral, proteínas morfogenéticas óseas e interleucinas, con el objetivo de estimular los mecanismos celulares, atrayendo macrófagos, monocitos y linfocitos, estas células actúan juntas eliminando el tejido necrótico dañado y secretan factores de crecimiento para favorecer al crecimiento vascular y estimular la curación en el sitio.

Fase Reparadora

Formación de callo fibrocartilaginoso

Esta etapa dura de 5 a 11 días. La liberación de factores de crecimiento fomenta la angiogénesis en el sitio de lesión y dentro del hematoma, por lo tanto se evidencia desarrollo de tejido de granulación, diferenciándose células como fibroblastos, condroblastos y osteoblastos, dando como resultado la producción de una red fibrocartilaginosa rica en colágeno, al mismo tiempo las células osteoprogenitoras colocan una capa de tejido óseo adyacente al periostio.

Formación de callo óseo

Esta etapa dura de 11 a 28 días. El callo cartilaginoso comienza su osificación. Existe una diferenciación clara de células como condroblastos, condroclastos, osteoblastos y osteoclasto. Los vasos sanguíneos recién formados continúan permitiendo la migración de células mesenquimales. Al final de esta fase el callo cartilaginoso se reabsorbe y da como resultado un callo duro y calcificado.

Fase de Remodelación

Remodelación ósea

El proceso de remodelación ósea dura mucho tiempo, esta etapa empieza desde el día 18 en adelante pudiendo durar meses o incluso años, dando como resultado final la regeneración de la estructura ósea normal. Con la migración continua de osteoblastos y osteoclastos, el callo duro se somete a una remodelación, la cual consta en la reabsorción dado por los osteoclastos y la formación de hueso nuevo por medio de los osteoblastos. Finalmente el centro del callo se reemplaza por hueso compacto, mientras que los bordes por hueso laminar (Morshed & Ding, 2017; Nixon, 2020).

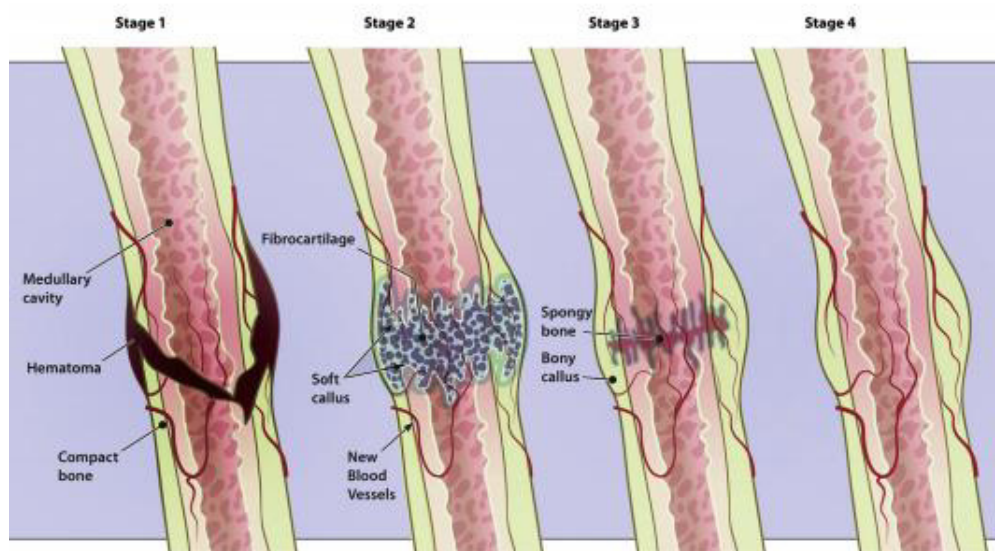


Figura 21 Fases de curación ósea. Stage 1. Hematoma, Stage 2. Formación de callo fibrocartilaginoso, Stage 3. Formación de callo óseo, Stage 4. Remodelación ósea.

Tomado de Morshed & Ding, 2017.

2.12. Tratamientos

Con el pasar del tiempo, múltiples técnicas se han expandido y las capacidades y experiencia de los cirujanos han aumentado, por ende, la selección del tratamiento idóneo para el gran hueso metacarpiano depende del tipo de

fractura, la ubicación, la edad del paciente, función zootécnica, compromiso de vasos sanguíneos y la economía del propietario (Baxter, 2020).

2.12.1. Tratamientos a través del tiempo

La fundación AO (Arbeitsgesellschaft für Osteosynthesefragen) y AOVET fundadas en 1958 y 1968 respectivamente por cuatro cirujanos suizos adaptaron las técnicas de tratamiento de fracturas desarrolladas para pacientes humanos a animales como los equinos, de las cuales muchas son aplicadas en la actualidad con gran éxito. Comparar los tratamientos que existían hace solo unas décadas con los actuales es un ejercicio interesante y constructivo (Auer & Grainger, 2015).

Un estudio sobre paleontología evalúa la reparación de una fractura completa conminuta en el hueso metatarsiano de un equino en la edad media, en el que el mayor conocimiento veterinario era lo que se administraba vía oral, además se presume la práctica de usar ungüentos, encantamientos mágicos u oraciones para aliviar los signos clínicos. Se evidencia que ya desde las épocas medievales se tenía conocimiento de la importancia de inmovilizar el miembro para evitar mayores daños, por ende, el tratamiento idóneo era el utilizar telas que envolvían a la pierna. Los caballos son animales resistentes pero cabe recalcar que la magnitud de este tipo de fracturas no se recupera solamente inmovilizando la extremidad, por lo que sugieren que el caballo contrajo otras complicaciones como laminitis lo que posteriormente lo condujo a la muerte rápidamente o que el animal fue sacrificado antes de que desarrolle cualquier complicación (Rannamäe et al., 2019).

Hace cincuenta años atrás la mayoría de las fracturas equinas se habían tratado por la extracción de fragmentos mediante técnicas artroscópicas o por la aplicación de tornillos, pocas habían sido las fracturas de huesos largos que se trataban mediante una fijación interna utilizando placas u otros dispositivos. En noviembre de 1968 en condiciones experimentales se realizaron las primeras fijaciones internas documentadas de un hueso largo en un caballo, después de realizar varias pruebas preliminares con placas humanas en cadáveres equinos. En ese entonces el Dr. Stephan Perren, director del instituto AO Research en

Suiza, se encontraba evaluando la viabilidad de utilizar placas de titanio para fracturas en humanos, por lo que surgió la idea de realizarlo en un caballo en el hueso metacarpiano. El caballo se recuperó con éxito y rápidamente, después de que el hueso se curó, los implantes fueron retirados. En 1973 Allgower desarrolló la placa de compresión dinámica (DCP) que fue la primera placa que facilitó la fijación interna en caballos jóvenes, lo que fue el pilar del tratamiento de la fractura equina durante muchos años, con el pasar del tiempo varios estudios en humanos demostró que el DCP causa desmineralización de la placa, aunque esto no se ha encontrado en los equinos, esto condujo al desarrollo de placas biológicamente mejoradas como son la placa de compresión dinámica de contacto limitada y la placa de compresión de bloqueo (LCP). El grupo de investigación de AOVET, quienes desarrollan implantes para aplicaciones veterinarias, recientemente implementaron un cambio en el diseño de la placa de LCP, ya que mientras que el LCP de humanos tiene extremos biselados y puntiagudos en ambos lados, el LCP veterinario solamente tiene un extremo biselado y puntiagudo y el otro lado es redondeado con un agujero a través del cual se puede insertar un tornillo cortical o de bloqueo (Auer & Grainger, 2015).

Los principios utilizados hoy en día para el tratamiento de fracturas en equinos de huesos largos incluyen en primera instancia la reparación inicial por medio de tornillos corticales insertados a través de la fractura y con tornillos de la placa que se insertan perpendicularmente en relación a la superficie del hueso. Las fracturas distales conminuta severas de las extremidades se tratan con la inserción de tornillos junto con un molde de transfijación y ayuda a que se reemplace el dispositivo de fijación externa. Las placas LCP han sido hasta el momento la ideal en equinos para fracturas de huesos largos ya que cumple con todas las demandas de implante deseadas. En un futuro, estas placas irán mejorando y se espera que sean más delgadas, más fuertes y con materiales biodegradables fabricados a partir de polímeros reabsorbibles. Las placas LCP tendrán diseños con ángulos variables como las hay para humanos, es muy importante recalcar que cada método distribuye niveles de inmovilidad a la fractura, por lo cual el tratamiento ideal quedará a criterio del veterinario y dependerá de la biología de curación de ese hueso (Auer & Grainger, 2015).

2.13. Tratamiento Quirúrgico

Antes de acercarse quirúrgicamente al hueso, se debe realizar un estudio radiográfico minucioso que incluya múltiples proyecciones (Auer & Grainger, 2015). Un objetivo de la fijación interna es mantener estable la fractura y fomentar la unión ósea mientras se mantiene la extremidad funcional durante la curación.

Los principios básicos para la reparación de las fracturas del hueso metacarpiano incluyen:

- *Lograr la reducción anatómica de la fractura.*

La fijación interna exitosa se evidencia cuando comienza con la reconstrucción anatómica del hueso y la articulación, esto puede ser logrado solamente por tornillos, o la combinación de estos con una placa (Nixon, 2020).

- *Fijación estable*

Se colocan las placas en ángulos de 90° entre sí con el fin de oponerse a las fuerzas de flexión. Una placa debe colocarse en la superficie de tensión. Todos los lados del hueso metacarpiano se comprimen cuando el caballo camina, por lo tanto, las placas se pueden aplicar en cualquier superficie del hueso, excepto en la superficie palmar ya que los tejidos blandos no permiten la colocación de la placa (Baxter, 2020). Además se debe cementar las placas. Muchas veces la falla de las fijaciones internas se ven evidenciadas en el aflojamiento o rotura del tornillo, por el alto movimiento que estos tienen, por lo que se pueden utilizar diferentes materiales para revestir los tornillos y placas y disminuir el movimiento de los mismos. Un estudio retrospectivo de caballos adultos con fracturas completas en la diáfisis del tercer hueso metacarpiano estabilizadas por fijación interna, complementada con un pin de transfijación, se evidenció la supervivencia del 38% de los casos. La causa más común de falla fue el aflojamiento o rotura de un tornillo, por lo que reducir la cantidad de movimiento del tornillo durante el postoperatorio puede disminuir las causas de falla, esto se puede lograr mejorando el ajuste entre

la rosca y el hueso, por ende, se puede utilizar tornillos corticales óseos y revestirlas con hidroxapatita (Durhams, et. at., 2015). Por otro lado, también es posible cementar las placas con metacrilato de polimetilo, impregnado junto con antimicrobianos (Baxter, 2020).

- *Preservación del suministro de sangre al hueso y tejidos blandos*

Por medio de técnicas de reducción suaves y con el manejo cuidadoso y adecuado (AO Foundation, 2007).

- *Movilización temprana y activa*

Con el tratamiento adecuado y la rehabilitación de la parte lesionada y del paciente, se logra la reintegración temprana a la función del paciente (AO Foundation, 2007).

Los abordajes quirúrgicos también deben ser diseñados para mantener la integridad vascular y evitar áreas que comprometen los tejidos blandos.

2.14. Manejo Pre operatorio

La preparación minuciosa del caballo, la sala quirúrgica y el personal de apoyo son aspectos esenciales para la reparación de fracturas. El paciente debe llegar a la clínica habiendo recibido primeros auxilios y transportado de manera apropiada y cuidadosa (Knottenbelt & Malalana, 2015).

2.14.1. Cateterismo

El paciente siempre debe ser cateterizado con el fin de obtener un acceso rápido a la circulación sanguínea y administrar toda la medicación pre operatoria por vía endovenosa. Existen diferentes tipos de catéteres según el material del que estén hechos como poliuretano, teflón, silicona y polipropileno, para catéteres de mayor duración (> 7 días) se deben utilizar el de silicona y para los de menor duración (< 3 días) están indicados los de teflón y poliuretano. Los catéteres intravenosos pueden dar lugar a varias complicaciones, entre las cuales incluyen, pérdida de función, inflamación, infección, tromboflebitis y rotura del catéter. La complicación más frecuente es la inflamación y debe ser considerado un

problema serio ya que puede dar lugar a una oclusión permanente de la vena, por lo tanto hay que ser precavidos al momento de colocar un catéter (Cruz et al., 2012).

Generalmente se coloca el catéter en la vena yugular para ello se realizan los siguientes pasos:

- Se rasura el área de unos 10 x 5 cm por encima de la vena yugular en el surco yugular cervical a unos 20 cm de la zona mandibular, ya sea este en el lado derecho o en el lado izquierdo, si al paciente durante la anestesia se lo va a colocar en decúbito lateral, es recomendable colocar el catéter en el lado que se encuentre expuesto.
- Realizar una trenza en la crin, a la altura en la que va a ser colocado el catéter. A través de la trenza colocar la extensión del catéter.
- Embrocar quirúrgicamente la zona y colocar 3 ml de anestésico local en el área subcutánea donde se realizará la punción. El veterinario debe colocarse guantes estériles para evitar contaminar el catéter y la posible infección y tromboflebitis.
- Con la mano no dominante, presionar la vena yugular en la parte distal del cuello con el fin de ingurgitar la vena en el lugar de punción.
- Realizar la punción con el bisel hacia arriba y a unos 45° de la vena yugular. Atravesar la piel, tejido subcutáneo y pared venosa, esperar unos segundos hasta que se observe sangre en el catéter, inmediatamente después se avanza el catéter ligeramente nos 2-3 mm y al mismo tiempo se lo coloca paralelo a la vena, comprobar que sigue saliendo sangre y avanzar la camisa del catéter.
- Una vez que el catéter está insertado en su totalidad, se colocar rápidamente la extensión, para evitar la entrada de aire a la vena. Se aspira para comprobar si se obtiene sangre para confirmar su localización.
- Se procede a fijar el catéter suturando el catéter a la piel.

(Cruz et al., 2012).

Para cuidar el catéter y dure el tiempo necesario, es importante evitar su manipulación. Se debe lavar interiormente de 2 a 4 veces diarias mediante la

inyección de suero salino o Ringer lactato. También debe lavarse tras la inyección de medicación para mantenerlo libre de impurezas y precipitados (Cruz et al., 2012).

2.14.2. Evaluación del sistema cardiovascular

La exploración del adecuado funcionamiento del sistema cardiovascular debe realizarse en caballos en estado de shock, con cólico, aquellos que cuenten con signos clínicos de disfunción cardiovascular o respiratoria y también previa administración de la anestesia general (Cruz et al., 2012).

Color de las mucosas

Las membranas mucosas más accesibles en el caballo son las encías, la parte interna del labio, la conjuntiva del ojo y la vulva. El color de las mucosas indica de manera subjetiva la oxigenación de la sangre arterial y lo normal es un color rosado (Cruz et al., 2012).

Tiempo de llenado capilar

Las membranas se comprimen con el dedo y el retorno de la circulación debe ocurrir en menos de dos segundos (Cruz et al., 2012).

Palpación del pulso periférico

El pulso se puede palpar en la arteria facial y se puede apreciar dos ondas asociadas a un mismo latido cardíaco, la primera corresponde a la eyección de sangre durante la sístole y la segunda al cierre de la válvula semilunar aórtica. Cuando se palpa la arteria en realidad lo que se palpa es la presión del pulso que es la diferencia entre la presión arterial sistólica y la diastólica. El pulso debe ser fuerte, rítmico y sincrónico con el latido cardíaco durante la auscultación (Cruz et al., 2012).

Pulso yugular

La presencia de pulso yugular en el tercio caudal de la vena yugular puede ser normal, especialmente en caballos excitados o con un aumento del tono simpático, pero debe desaparecer cuando el caballo se tranquiliza (Cruz et al., 2012).

Auscultación cardíaca

La auscultación del tórax permite valorar los sonidos cardíacos y pulmones, la determinación de la frecuencia cardíaca y la identificación de anomalías cardíacas. El vértice cardíaco se palpa a la altura del olécranon en el lado izquierdo del tórax y es el punto donde se escucha la válvula mitral. Dorsocraneal a este punto se escucha la válvula semilunar aórtica. Ventrocraneal a la válvula aórtica, situado debajo del tríceps braquial, se escucha la válvula pulmonar. La válvula tricúspide se escucha en el hemitórax derecho (Cruz et al., 2012).

2.14.3. Pruebas complementarias

Después del examen físico, es necesario incluir pruebas complementarias, la prueba de laboratorio mínima que se debe incluir es el hematocrito, proteínas plasmáticas totales, recuento de glóbulos blancos y fibrinógeno. Los caballos con cuadros inflamatorios, neoplásicos o traumáticos pueden tener el fibrinógeno elevado. Se pueden agregar otras pruebas como electrolitos principalmente sodio, potasio y calcio, ya que los desequilibrios electrolíticos contribuyen a la debilidad, arritmias cardíacas y desequilibrio ácido-base. La urea y creatinina indica el funcionamiento urinario y las enzimas hepáticas que evalúan la estructura y funcionamiento del hígado lo cual nos ayudan a predecir posibles problemas de eliminación de los fármacos (Baxter, 2020; Nixon, 2020).

2.14.4. Pre Medicación

El manejo del dolor es importante en estos casos, es recomendable utilizar fenilbutazona (2,2 – 4,4 mg/kg), flunixin (1,1 mg/kg) o analgésicos opioides como la morfina (0,1 mg/kg) o el butorfanol (0,05 – 0,1 mg/kg). Los antibióticos siempre deben administrarse en el pre operatorio, utilizando vías como la intravenosa,

para así lograr concentraciones séricas en el momento de la cirugía. En fracturas abiertas se pueden requerir dosis adicionales durante la cirugía cuando son prolongadas. En cuanto a fracturas cerradas los antibióticos se usan profilácticamente y pueden limitarse al uso de un solo antibiótico (Nixon, 2020).

Antimicrobial agent	Route of administration	Dosage	Spectrum of activity	Additional features
<i>Penicillins</i>				
Aqueous penicillin G	i.v.	22–40000 IU/Kg q 6 hr	Gram-pos. activity, incl. <i>Streptococci</i> , some <i>Staph spp.</i> , and <i>Pasteurella</i>	N ⁺ salt can be given intraoperatively; K ⁺ salt carries cardiac risk
Procaine penicillin G	i.m.	22000 IU/Kg q 12 hr	Same	Synergistic with aminoglycosides
Ticarcillin	i.v., i.m.	50–100 mg kg ⁻¹ q 6–8 hr	Same, also antipseudomonal	Synergistic with aminoglycosides
Imipenem*	i.v.	15–25 mg kg ⁻¹ q 6 hr	Resistant gram-pos and gram-negative organisms, and anaerobes	Expensive; meropenem similar spectrum and less expensive. Can be given by RLP or in PMMA
<i>Cephalosporins</i>				
Cefazolin (Ancef)	i.v., i.m.	20 mg kg ⁻¹ q 8 hr	<i>Strep</i> , <i>Staph</i> (incl. penicillinase producers), <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Proteus mirabilis</i>	First generation Synergistic with aminoglycosides
Ceftiofur (Naxcel)	i.v., i.m.	2.2 mg kg ⁻¹ q 12 hr	Gram-pos.; but expanded gram-negative organisms and anaerobes	Third generation Foals 4.4 mg kg ⁻¹ q 12 hr
<i>Aminoglycosides</i>				
Gentamicin (Gentocin)	i.v., i.m.	6.6 mg kg ⁻¹ q 24 hr	Gram-negative aerobes	Nephrotoxic; monitor creatinine
Amikacin (Amiglyde-V)	i.v., i.m.	10 mg kg ⁻¹ q 24 hr	Expanded gram-negative spectrum	Less nephrotoxic than gentamicin; monitor creatinine. Foals 20–25 mg kg ⁻¹ q 24 hr
<i>Sulfonamides</i>				
Trimethoprim-sulfamethoxazole (Tribressin)	p.o.	25–30 mg kg ⁻¹ q 12 hr	Gram-positive and negative aerobes Some anaerobes	I.v. formulation available. Dose rate total sulfonamide+trimethoprim.
<i>Miscellaneous</i>				
Metronidazole (Flagyl)	p.o.	15–25 mg kg ⁻¹ q 6–8 hr	Most anaerobes incl. <i>Bacteroides fragilis</i>	Less expensive than i.v. formulation. Cease if anorexia develops
Enrofloxacin (Baytril)	i.v. p.o.	5 mg kg ⁻¹ q 24 hr 7.5 mg kg ⁻¹ q 24 hr	Penicillinase producing <i>Staph</i> , gram-negative bacteria incl. <i>Pseudomonas</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Proteus</i>	Expensive. <i>Pseudomonas</i> dose 7.5–10 mg kg ⁻¹ Not for use in foals Ineffective for anaerobes
Vancomycin*	i.v.	5–7.5 mg kg ⁻¹ q 8 hr	Multidrug resistant gram positive aerobes; <i>clostridium spp</i>	Dilute and administer slowly. Expensive. Can be given by RLP or in PMMA

Figura 22 Antibióticos adecuados para uso profiláctico y terapéutico en casos de reparación de fracturas equinas. Tomado de Nixon, 2020.

2.14.5. Técnica aséptica

La técnica aséptica es esencial para preparar al paciente y al cirujano para la cirugía. Todos los procedimientos quirúrgicos se realizan idealmente en condiciones estériles, con el fin de prevenir la transmisión de microorganismos al cuerpo durante la cirugía. Los principios generales de la técnica aséptica incluyen: Usar solamente artículos estériles, el personal estéril debe estar correctamente vestido y toca solamente artículos estériles, todos los campos e instrumentos estériles debe mantenerse y monitorearse contantemente, el personal debe estar capacitado para reconocer cuando se ha roto la técnica y debe saber cómo remediar la situación (Álvarez et al., 2017).

Lavado del área quirúrgica

1. Revisar la piel para identificar suciedad o residuos y verificar la presencia de alteraciones de la piel. Rasurar la zona si es necesario, con el fin de retirar detritos y material orgánico.
2. Lavar la zona con agua y jabón antiséptico (jabón de clorhexidina).
3. Para la preparación de la piel previa a la incisión se puede utilizar soluciones yodadas, alcohol con clorhexidina o solamente clorhexidina.
4. Realizar un embrocados con las soluciones antisépticas, es recomendable utilizar yodo para frotar la piel y luego retirarla de adentro hacia afuera con alcohol o clorhexidina y repetir este procedimiento 3 veces.
5. Finalmente, antes de incidir la piel, el cirujano debe realizar la última limpieza con alcohol o clorhexidina, para asegurar la limpieza adecuada.

(Álvarez et al., 2017).

Antiséptico	Mecanismo de acción	Velocidad de acción	Actividad residual	Actividad		Efectividad en contacto con sustancias biológicas	Efectos adversos
				Gram positivos	Gram Negativos		
Yodo povidona	Libera yodo libre que se une a las bacterias	Moderada	Minima	++++	+++	Disminuye acción en presencia de sangre	Dolor, irritación
Clorhexidina	Ruptura de la membrana celular ocasionando cambios citológicos y fisiológicos produciendo muerte de la bacteria	Moderada	Alta	++++	+++	No pierde efectividad en presencia de sangre	Irritación, daño corneal, neurotoxicidad, ototoxicidad
Yodo povidona más Alcohol	Idem yodo povidona	Rápida	No demostrada	++++	++++		Potencialmente inflamable
Clorhexidina más Alcohol	Idem Clorhexidina	Rápida	Alta	++++	++++	No pierde efectividad en presencia de sangre	Potencialmente inflamable

Figura 23 Soluciones antisépticas para el lavado preoperatorio. Tomado de *Álvarez et al., 2017*.

Preparación del cirujano

1. La vestimenta quirúrgica es importante, las blusas holgadas se deben meter en los pantalones y las mangas deben ser cortas. Otra vestimenta quirúrgica incluye recubrimiento de cabello, mascarillas, cubierta para zapatos, batas y guantes.
2. Lavarse las manos y antebrazos con agua y jabón antiséptico (jabón de clorhexidina). Antiguamente se recomendaba utilizar un cepillo, esta práctica ya no se utiliza ya que varios estudios han demostrado que esto aumenta el recuento de bacterias y daña la piel. Repetir este procedimiento 3 veces. No es recomendable colocarse los guantes sin un previo lavado de manos.
3. Secar las manos con un apósito o toalla estéril, colocarse la bata quirúrgica y los guantes con ayuda de un circulante.

(Álvarez et al., 2017).

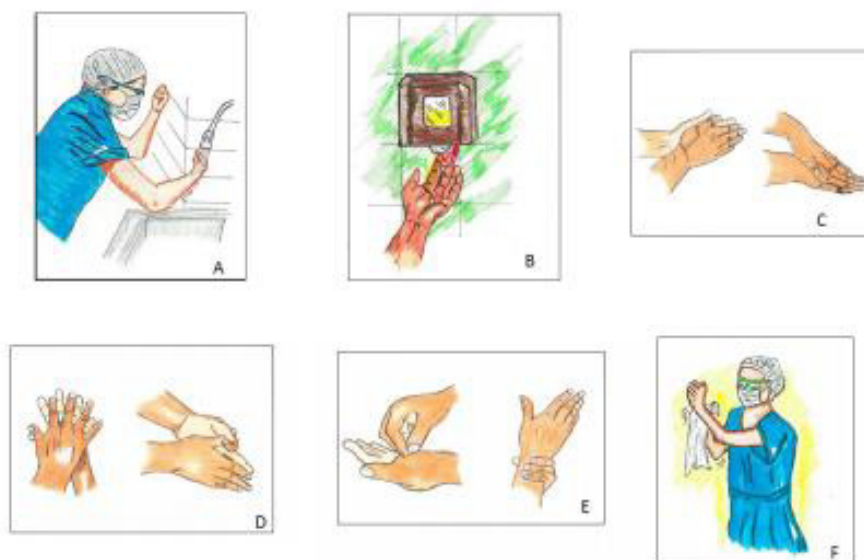


Figura 24 Lavado antiséptico pre quirúrgico de manos del personal de salud.
Tomado de *Álvarez et al., 2017.*

2.14.6. Anestesia

El caballo fracturado puede ser difícil de anestesiar, por ende la colocación adecuada de la férula hace que la fractura este más estable y sea más seguro para anestesiar. El ayuno en los pacientes con fractura antes de la anestesia es importante, pero rara vez se cumple con esto dado que son emergencias imprevistas (A. E. Fürst, 2012).

La inducción anestésica debe ser lo más suave posible y siempre protegiendo la extremidad afectada. Los agentes de inducción para la anestesia general se deben administrar a través de un catéter en la vena yugular. Existen varias combinaciones y la elección de esta quedará a criterio personal del médico. (Nixon, 2020)., sugiere xilacina (1 mg/kg) – ketamina (2 mg/kg), xilacina - diazepam (0,05 mg/kg). Durante la inducción los caballos deben estabilizarse tanto como sea posible y estar controlado por cuerdas de cabeza y cola, mientras caen al piso, nunca se debe dejar caer a los caballos repentinamente sobre la extremidad fracturada, por ende se lo puede realizar con mesa de operaciones

la cual se inclina hacia la posición vertical y con el animal previamente tranquilizado es sujetado a la mesa con correas, y a medida de que el caballo pierde el conocimiento durante el proceso de inducción es llevado suavemente hacia lateral, haciendo que la mesa quede en su posición normal, este método funciona muy bien, pero solamente es posible cuando existe el personal disponible (Clarke et al., 2014).

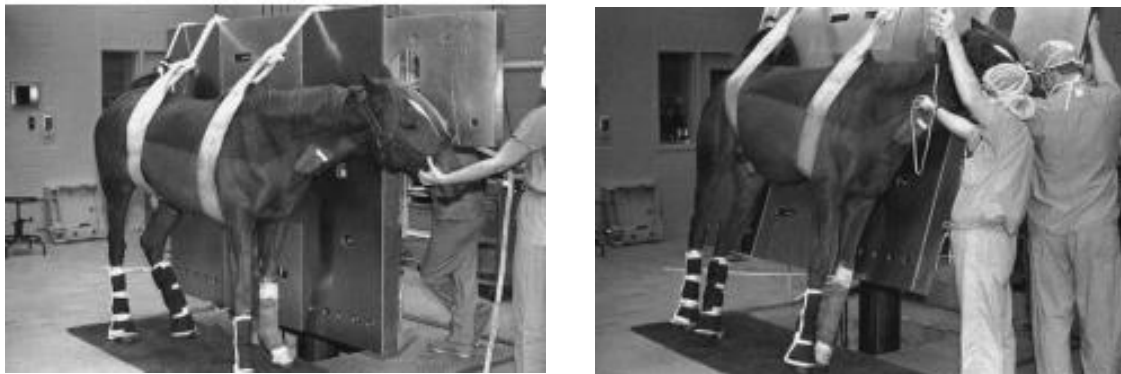


Figura 25 Inducción de anestesia usando una mesa inclinable. Tomado de *Clarke et al., 2014.*

Una vez que el caballo está inconsciente, debe acolcharse debajo de él. El mantenimiento de la anestesia general se lo deber hacer preferiblemente con isoflurano, ya que es menos soluble que el halotano, por lo tanto, la recuperación es más rápida (Clarke et al., 2014). Otra técnica de anestesia inhalatoria para caballos sometidos a una cirugía ortopédica, para la fijación interna de una fractura en el metacarpo puede ser con sevoflurano por inhalación de oxígeno combinada con infusión de velocidad constante (CRI) de alfaxalona (1 mg/kg/h) y medetomidina (3 μ g/kg/h) ya que se evidencia una recuperación pronta y con una estabilidad adecuada del paciente (Wakuno et al., 2017). Otro estudio que de igual manera compara la anestesia con sevoflurano combinado con una infusión solamente de medetominidina (3 μ g/kg/h) y otro con medetominidina (3 μ g/kg/h) y fentanilo (7 μ g/kg/h), en el que se evidenció que la concentración de sevoflurano se mantuvo significativamente menor en el segundo grupo, pero la recuperación del paciente es clínicamente aceptable en ambos grupos, por lo tanto, la administración de fentanilo y medetominidina por infusión puede ser

clínicamente completo para reducir la necesidad de sevoflurano durante la cirugía (Mizobe et al., 2017).

Ciertos cambios patológicos clínicos ocurren en los caballos después de la anestesia. El hematocrito, las proteínas totales y las células blancas aumentan significativamente luego de 1 h y después de 1 día vuelve a la normalidad. La anestesia con isoflurano no produce cambios en las proteínas totales, pero el recuento de glóbulos blancos aumenta significativamente 1 día después de la anestesia. Estos efectos pasan debido al efecto del aumento de las catecolaminas y el cortisol ya que son compatibles con el aumento de neutrófilos maduros y disminución de linfocitos y eosinófilos. El número de plaquetas disminuyeron durante 5 h luego de la anestesia con halotano y permaneció deprimida hasta 4 días después de la anestesia pero se observó hiperagregabilidad en el séptimo día. La función renal en los caballos es alterada mínimamente con halotano, isoflurano o sevoflurano. La urea, la creatinina y el fosfato aumentaron 1 hora después de la anestesia, pero regresó a la normalidad al día siguiente. La reposición de líquidos ayuda a prevenir estos cambios (Wagner, 2009).

2.15. Manejo Intra operatorio

En las cirugías de fracturas, es necesario el monitoreo radiográfico ya que ayuda a asegurar la adecuada fijación. La fijación interna debe realizarse bajo control radiográfico para minimizar el compromiso adicional de tejidos blandos (Thrall, 2018).

En la cirugía también es necesario evaluar el sistema cardiovascular por medio de los métodos dichos con anterioridad y también por métodos avanzados:

Electrocardiograma

En el caballo se obtiene la derivación eléctrica, en la que solamente se requiere los electrodos rojo y amarillo (Cruz et al., 2012).

Medición de la presión arterial

La presión arterial se puede medir en el caballo de una manera no invasiva en el caballo con un tensiómetro colocado en la base de la cola. Durante la anestesia general es recomendable obtener la presión arterial de manera invasiva mediante la cateterización arterial, se puede tener acceso a la arteria coccígea, arteria facial o arteria metatarsiana. La presión arterial normal en el caballo es sistólica 120 mm Hg, diastólica 70 mm Hg y media 90 mm Hg. En general la presión arterial media que la que se mide generalmente, no debe bajar de 60-70 mm Hg para garantizar una adecuada perfusión de todos los órganos vitales (Cruz et al., 2012).

Pulsioximetría

El pulsioxímetro mide la saturación de la hemoglobina en sangre periférica de forma no invasiva. La sonda de pulsioximetría se suele colocar en la lengua. La saturación de la hemoglobina debe ser al menos de un 96% en animales sanos, cuando se suplementa oxígeno la saturación debe ser del 100%. Un valor de menos del 93% indica la presencia de desaturación de la hemoglobina e hipoxemia. Valores menores del 90% es un riesgo para la vida del paciente (Cruz et al., 2012).

Capnometría

La capnometría es la medida de la presión parcial o el porcentaje de dióxido de carbono (CO₂) espirado por el paciente durante su ciclo respiratorio, e indica si la respiración es la adecuada. Su lectura se obtiene por medio del capnómetro el cual representa de manera numérica la cantidad de CO₂ espirado en función del tiempo. El CO₂ espirado en animales con respiración normal debe ser unos 35 – 45 mm Hg, valores mayores a 45 mm Hg indican hipoventilación y valores por debajo de 35 mm Hg indican hiperventilación (Cruz et al., 2012).

2.16. Instrumentos

Los implantes, su función y su aplicación son principalmente los desarrollados por el grupo AO. Los instrumentos básicos utilizados para el tratamiento de fracturas incluyen:

Taladro. Los taladros eléctricos permiten un mejor control para el agujero que los taladros manuales, además que es más fácil de utilizarla, por lo que evita el cansancio del cirujano durante procedimientos quirúrgicos largos. Taladros de alta velocidad han sido recomendados en cirugía ortopédica para reducir la generación de calor. La calidad del taladro también depende de la broca (Sermon, 2018).



Figura 26 Taladro ortopédico. Tomado de AOVET, 2020.

Broca. Las brocas y guías de diferentes tamaños son necesarios. Una buena broca afilada para taladrar el hueso, es necesaria. Es muy común que la punta de la broca genera calor debido a la fricción, cuando se producen temperaturas mayores a 54°C causa coagulación de proteínas y necrosis ósea. La generación de temperatura está inversamente relacionada con la velocidad de perforación, se ha demostrado que perforar a máxima velocidad (90 psi) da como resultado una menor producción de calor que hacerlo a bajas velocidades. Las brocas deben estar afiladas ya que las brocas sin filo generan más calor. Se ha demostrado que se necesitan más de 500 ml/min de solución salina para enfriar adecuadamente el hueso, por lo que el enfriamiento de la broca no es una

práctica adecuada, sin embargo, el control de la temperatura se lo puede realizar usando solución salina como lubricante en el orificio de perforación para disminuir la fricción en el punto de perforación. Las brocas están diseñadas para permitir la penetración del fluido a lo largo de su perímetro exterior, lo que facilita la lubricación y la reducción de fricción. El mantenimiento cuidadoso de una broca también mejora su rendimiento (AOVET, 2020; Bramlage et al., 2018).

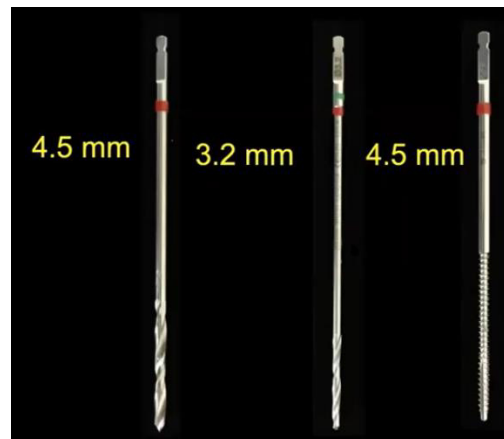


Figura 27 Brocas ortopédicas. Tomado de AOVET, 2020.

Medidor de profundidad. Este instrumento no mide la profundidad del agujero, mide la longitud necesaria del tornillo. Existen en dos dimensiones 3,5 y 4,5 cm (AOVET, 2020).



Figura 28 Medidor de profundidad ortopédico. Tomado de AOVET, 2020.

Tornillo. Las partes de un tornillo son cabeza, eje, núcleo e hilo. El tamaño de un tornillo está determinado por el diámetro exterior, mientras que la resistencia está relacionada con su diámetro central, por lo tanto a mayor resistencia, mayor diámetro de tornillo. Existen varios tipos básicos de tornillos, se nombran por su diseño, no por su función:

- *Corteza:* El tornillo está completamente roscado. Es el tornillo que se usa comúnmente en ortopedia equina. Puede unirse como tornillo de fijación en ambas cortezas, para unir una placa. El tamaño estándar para el caballo son los tornillos corticales de 4,5 y 5,5 mm, también existe el tamaño 3,5 mm.
- *Esponjoso:* El tornillo está parcialmente enroscado, tienen un diámetro de rosca más ancho que el tornillo de corteza. Este tornillo está diseñado para mejorar el ajuste del tornillo en hueso esponjoso blando, pero muy rara vez se utiliza en equinos. Puede usarse en reemplazo de un tornillo cortical. La porción enroscada no debe cruzar la línea de fractura, ya que eso evitará la compresión Interfragmentaria. El tornillo esponjoso es de 6,5 mm.
- *Canulados:* Contienen un canal central para una guía. El diseño se asemeja al tornillo esponjoso, ya que tiene un eje más delgado y una rosca más ancha. El tornillo canulado de 7,3 mm contiene una punta autoperforante y autoroscante. Estos tornillos son populares en cirugía humana pero están ganando aceptación en equinos. Los tornillos canulados se fabrican en 3,5, 4,5, 7 y 7,3 mm, pero solo los dos últimos son ideales para el caballo y pueden usarse en reemplazo del tornillo esponjoso.

- *Tornillos de cabeza de bloqueo*: Se introdujeron con métodos invasivos de estabilización, posteriormente se aplican en las placas de compresión de bloqueo. La cabeza del tornillo se modificó con un perfil roscado y es más ancha que el resto del tornillo

(Auer & Stick, 2019).









Screw Name	3.5 mm Cortex	4.5 mm Cortex	4.5 mm Shaft	4.5 mm Cannulated	5.0 mm Locking	5.5 mm Cortex	6.5 mm Cancellous	7.3 mm Cannulated
Screw ø	3.5	4.5	4.5	4.5	5	5.5	6.5	7.3
Gliding hole ø	3.5	4.5	4.5	4.5	None	5.5	4.5	7.3
Thread hole ø	2.5	3.2	3.2	3.2	4.3	4	3.2	5
Tap ø	3.5	4.5	4.5	4.5	None	5.5	6.5	7.3 Optional
Screw shape								
Cannulation guide pin	—	—	—	150 mm long/ 1.6 mm O	—	—	—	300 mm long/ 2.8 mm O
Type thread	Cortical	Cortical	Cortical	Cancellous	Cortical narrow	Cortical	Cancellous	Cancellous
Pitch	1.25	1.75	1.75	1.75	1	2	1.75	2.75
Screw head ø	6	8	8	6.5	6.6	8	8	8.2
Special head design	—	—	—	—	Conical threaded	—	—	—
Thread length	Fully threaded	Fully threaded	Variable	1/3 of Length/ Fully threaded	Fully threaded	Fully threaded	16 mm/32 mm/ Fully threaded	16 mm/32 mm/ Fully threaded
Shaft O	—	—	4.5	3.1	—	—	4.5	4.8
Core ø	2.4	3.1	3.1	2.7	4.4	4	3	4.5
Self-tapping	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Self-drilling	No	No	No	Yes	Available	No	No	Yes

Figura 29 Tornillos veterinarios usados en grandes animales. Tomado de Auer & Stick, 2019.

Placas. Existen varias placas y están disponibles en titanio y acero inoxidable.

- *Placa de compresión dinámica de contacto limitado (LC-DCP)*. Es el primer implante que se adaptó a las necesidades biológicas. Debido al diseño de los agujeros de la placa permite la compresión desde ambos lados del agujero, permitiendo una mayor libertad para la angulación de los tornillos, tanto longitudinal como transversalmente (A. Fürst et al., 2020).

- *La placa de compresión dinámica (DCP)*. Tiene una configuración con una superficie inclinada en un lado del agujero.
- *La placa de compresión de bloqueo (LCP)*. La placa de compresión dinámica y la placa de compresión dinámica de contacto limitado (LC-DCP) han sido reemplazadas principalmente por la placa de compresión de bloqueo (LCP). La LCP combina las ventajas de los principios de la DCP y es usado con tornillos LCP. Se ha informado que el LCP es superior a LC-DCP en pruebas de sobrecarga estática y fatiga cíclica. Clínicamente, se ha evidenciado que el LCP es aceptable para la reparación de fracturas de huesos largos y tiene ventajas sobre el DCP cuando es utilizado en fracturas conminutas (Auer & Stick, 2019).

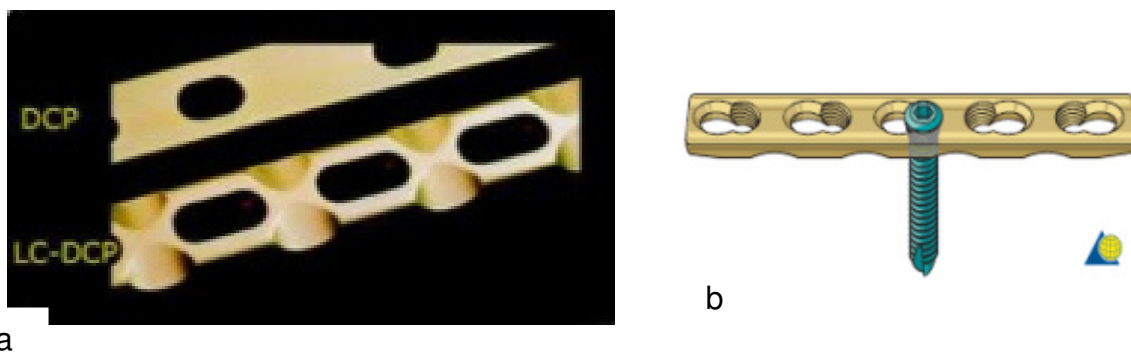


Figura 30 a. Placa DCP y LC-DCP, b. Placa LCP. Tomado de *Auer & Stick, 2019*.

2.17. Fijación Interna

La cirugía se la puede realizar en decúbito dorsal o lateral, dependiendo de la preferencia del cirujano. En fracturas conminutas no es recomendable permitir tracción continua en la extremidad sosteniendo el casco con el cable, para la reducción de la misma (Baxter, 2020).

La forma más estable de terapia para las fracturas de metacarpo es la fijación interna de doble placa, este método es usualmente necesario en potros y siempre necesario en adultos. Generalmente las placas se colocan dorsales,

laterales o mediales. Las placas deben extenderse a lo largo de toda la diáfisis y metáfisis abarcando las áreas de conminución (A. Fürst et al., 2020). Es importante insertar algunos tornillos para asegurarse de que no solo las placas cubran la fractura. La reparación se la puede realizar con placas de compresión dinámica (DCP), Placas de compresión dinámica de contacto limitado (LC-DCP) o Placas de compresión de bloqueo (LCP), de las cuales las placas LCP son actualmente la primera opción, la placa de compresión de bloqueo (LCP) es una unión de varias técnicas de osteosíntesis de placa, es un sistema que ofrece la posibilidad de combinar diferentes posibilidades de fijación interna. Las LCP parecen ser considerablemente más estables (Bramlage et al., 2018). Las placas se unen al hueso con tornillos corticales o de bloqueo, siendo los últimos los utilizados solamente en las placas LCP. Dependiendo del tamaño del animal se debe escoger la dimensión de las placas y del tornillo (A. Fürst et al., 2020). La fijación por tornillo es la técnica más importante de la fijación interna ya que esta es la que da estabilidad a la fractura y a los fragmentos. La técnica de perforar un agujero en el hueso puede tener efecto sobre el éxito de la fijación interna, agujeros mal hechos hace que el tornillo se quede debilitado. Se realiza un agujero a través de varias cortezas con la dimensión adecuada, los agujeros deben ser redondos y estos se miden con un medidor de profundidad, luego se inserta el tamaño correcto de tornillo y se aprieta, el grado de la fuerza necesaria es difícil de describir, pero se debe apretar tanto como sea posible. Si el tornillo se inserta sin taladrar, el tornillo no podrá unir los fragmentos separados, por ende no se fomenta la producción del callo óseo y probablemente la fijación falle (Nixon, 2020).

Se pueden aplicar dos placas anchas o una placa ancha y una placa estrecha y se utilizan tornillos corticales de 4,5 mm o 5,5 mm, los 3,5 mm se pueden usar en adultos para reparar inicialmente la fractura, por lo general se evitan los tornillos esponjosos (Baxter, 2020; A. Fürst et al., 2020). Su total forma roscada de los tornillos corticales los hace uniformemente fuertes, además que se eliminan fácilmente después de la curación, al contrario los tornillos esponjosos si se usa en hueso cortical, luego es difícil sacarlo, debido a que el hueso crecerá alrededor del eje liso del extremo proximal, lo que causa que al intentar sacar el

tornillo se rompa y la porción roscada se quede dentro del hueso (Auer & Stick, 2019).

En casos como potros o ponis jóvenes, es posible la fijación con una sola placa y se usan tornillos corticales de 3,5 mm. En ocasiones se coloca una coaptación externa de un vendaje o un yeso de la extremidad completa durante la recuperación anestésica. En los potros se debe tener cuidado para evitar unir la fisis distal del hueso con la placa o los tornillos (A. Fürst et al., 2020; Levine & Aitken, 2017).

2.17.1. Técnica Quirúrgica

Este procedimiento se realiza en decúbito dorsal o decúbito lateral, a través de una incisión punzante. Uno de los planos de fractura se reduce anatómicamente mediante movimientos de tracción, seguido de la aplicación de unas pinzas de reducción puntiagudas. En casos con múltiples fragmentos más grandes, la reducción de la fractura se logra haciéndolo un fragmento a la vez, hasta que se reconstruya todo el hueso y se descartan pequeños fragmentos sin suministro de sangre. Una placa LCP ancha de 10 orificios, con la guía de broca en el orificio más distal, se coloca en la cara dorsal del hueso, con la ayuda de un asistente, mientras sostiene la placa en su posición el cirujano perfora los agujeros. Se insertan tornillos corticales de 4,5 mm en posición neutra en un ángulo de 90° con respecto al eje largo de la placa a través del segundo orificio de la placa desde la parte inferior y la parte superior. Se colocan tornillos de cabeza de bloqueo, a través de los agujeros restantes de la placa. Se repite lo mismo con la otra placa, se verifica que todos los tornillos están firmemente apretados antes de cerrar la incisión. El tendón extensor común dividido longitudinalmente proporciona resistencia adecuada para permitir la cobertura de los tejidos blandos, finalmente se sutura la piel (A. Fürst et al., 2020).

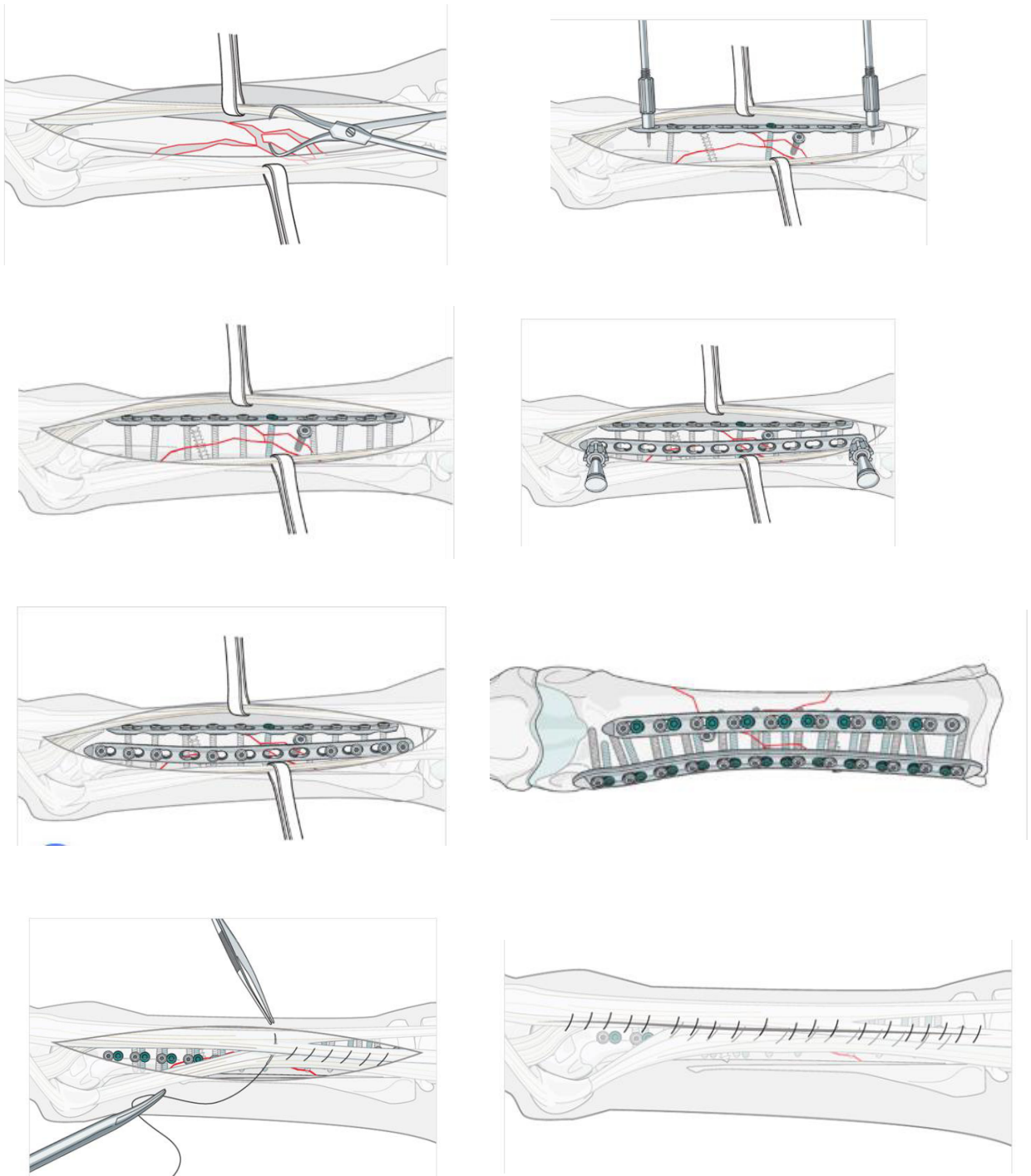


Figura 31 Técnica Quirúrgica Fijación con dos placas. Tomado de A. Furst et al., 2020.

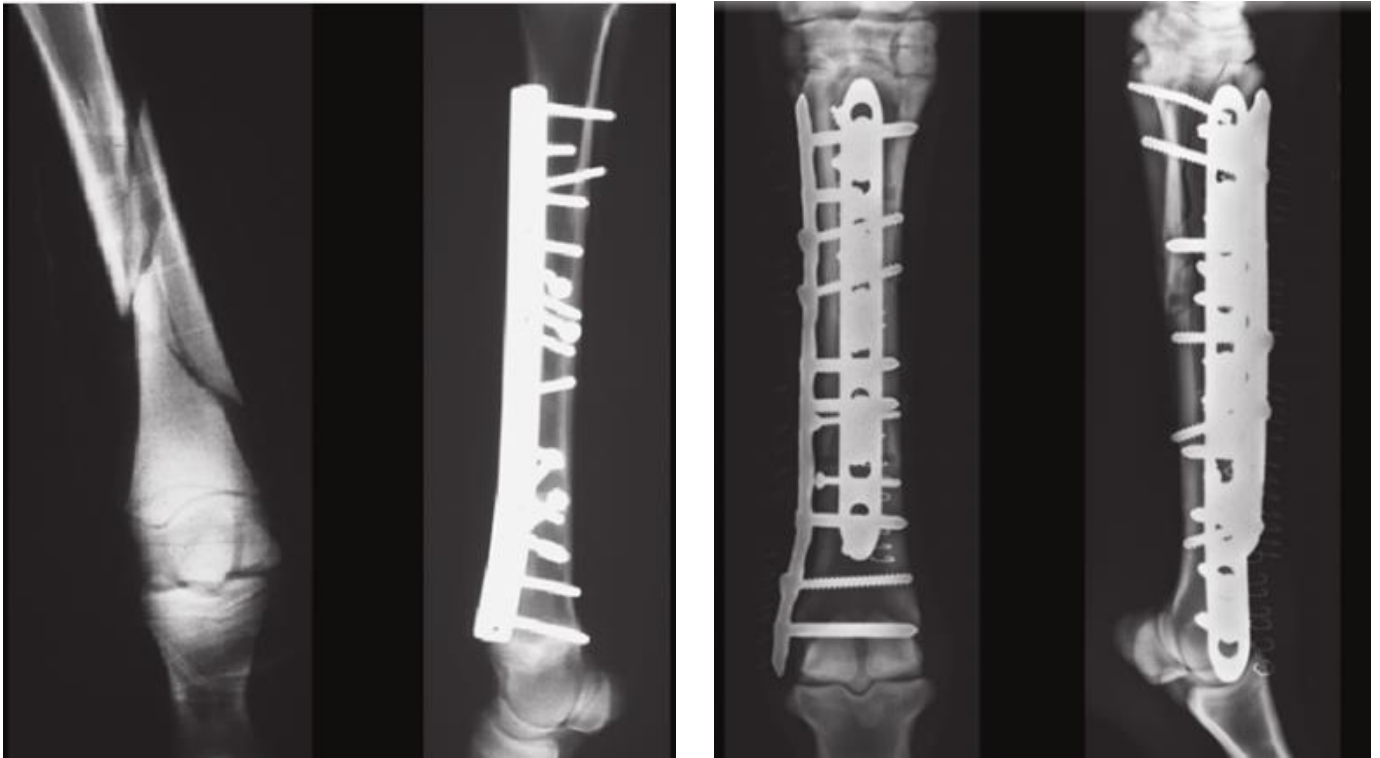


Figura 32 Seguimiento radiográfico de la reparación de una fractura con fijación interna de dos placas. Tomado de A. Furst et al., 2020.

Al final del procedimiento es aconsejable aplicar de manera regional antibióticos de amplio espectro (A. Fürst et al., 2020).

2.18. Fijación Externa

La fijación externa, no se usa ampliamente en caballos, debido a la carga que el fijador y el hueso debe resistir, pero es una buena opción cuando se quiere mantener a la fractura rígida, y esto se puede mejorar aumentando el número de pin, el diámetro del pasador y el uso de materiales mejorados (Nixon, 2020). Este tipo de fijación se emplea con frecuencia como tratamiento de emergencia en fracturas abiertas o en fracturas conminutas severas, cuando no es posible la reducción anatómica, la reconstrucción y la fijación interna de las fracturas. Las técnicas de fijación externa se pueden aplicar utilizando tres tipos de construcciones: pasadores de transfijación, fijador externo o un dispositivo externo de fijación esquelética. Cada uno de estos se desarrollaron para caballos

con fracturas conminutas severas de las falanges, tercer hueso metacarpiano y lesiones de las articulaciones metacarpofalángicas (Auer & Stick, 2019).

Un estudio retrospectivo que involucra a más de 50 caballos tratados mediante un pasador de transfijación mostró que las fracturas conminutas tuvieron mejores resultados (86%) que las fracturas simples (23%). Esto se da debido a que los micromovimientos entre los fragmentos después de la fijación se distribuye y por lo tanto se reduce (Baxter, 2020). Mientras que otro estudio compara el dispositivo externo de fijación esquelética con los pasadores de transfijación y se evidenció que el primero es más rígido y más fuerte que los pasadores de transfijación, sin embargo, a su vez, son los que proporcionan un apoyo insuficiente para una fractura inestable, estas pruebas se lo hicieron tanto en estudios de carga estática como dinámica (Nutt et al., 2010).

Los pasadores de transfijación se asocian con una buena longevidad, pueden mantenerse en el lugar por lo mínimo 6 a 8 semanas, y podría reducir el riesgo de fracturas secundarias o el aflojamiento del pasador (Rossignol & Boening, 2014).

Es necesario mencionar que la fijación externa puede complementar a la fijación interna. Para la reparación de fracturas conminutas severas de metacarpo se requiere el uso de un molde de transfijación (pines de Steinmann de 4,7 mm) colocados en el hueso del radio, aproximadamente 3 cm, a 30° el uno del otro, con el fin de proteger que la fractura colapse (Creek, 2016).



Figura 33 Colocación de dos pasadores de transfijación en el radio distal en una fractura severamente conminuta del tercer metacarpiano en un equino. Tomado de *Baxter, 2020*.

2.18.1. Procedimiento

En condiciones asépticas se realiza una incisión punzante hasta el hueso. Se debe perforar inicialmente un agujero más pequeño, para posteriormente hacer una ampliación gradual con brocas más grandes, con el fin de controlar la generación de calor. Se introducen dos o tres pasadores de 4 hasta 6 mm de diámetro en la región metafisiaria del hueso, los pasadores deben estar separados por 2 a 4 cm, ya que el alejarlos en el plano frontal da como resultado una fijación más fuerte y con menor riesgo de fractura postoperatoria. Se coloca un pin con un diámetro 0,1 mm más grande que el orificio preparado, esto

proporciona mejor fuerza de sujeción del pin. Finalmente las porciones sobresalientes de los pines se cortan a una longitud de 3 a 5 cm de la extremidad. Las nuevas generaciones de clavijas están equipadas con un dispositivo autoroscante, por ende, se debe tener cuidado al enroscar el pin en ambas cortezas (Auer & Stick, 2019). Se recomienda utilizar dos pasadores cónicos transcorticales aplicados a través del metacarpo para estabilizar las fracturas conminutas (Nixon, 2020).

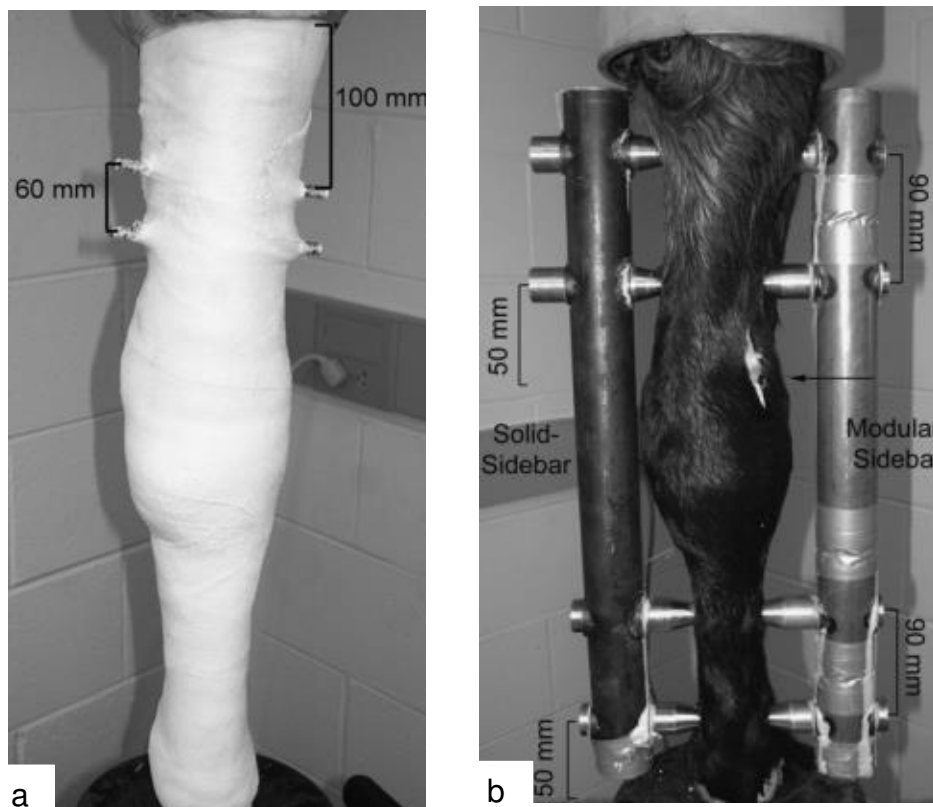


Figura 34 a. Pin de transfijación, b. Dispositivo Externo de fijación esquelética. Tomado de A. Furst et al., 2020.

2.19. Injertos óseos

Las fracturas conminutas forman huecos óseos que representan un gran desafío para la fijación de estas fracturas por pérdida de contacto entre los fragmentos, por lo tanto, los injertos óseos ayudan en el tratamiento de este tipo de fracturas, estos se obtienen de hueso esponjoso, los cuales se usan debido a que causan la formación de un puente estructural temprano. La fijación interna puede limitar la formación natural de callos óseos, por lo que los injertos se pueden usar como reemplazo de estos callos sobre áreas débiles (Nixon, 2020).

Generalmente se obtienen del esternón o de la tuberosidad coxal en la cadera (AOVET, 2020). Los autoinjertos (obtenido del mismo individuo) son los que se emplean comúnmente, pero la disponibilidad y el método de recolección debe ser considerado, mientras que los aloinjertos (obtenido de otro individuo) conllevan el riesgo de transmisión de enfermedades y reacciones inmunes, por ende, tales preocupaciones han fomentado la búsqueda de un método de sustitución ósea sintética. En los últimos años los polímeros a base de quitosano han sido exitosos empleado en el tratamiento de hueso periodontal y se ha demostrado que estimula la formación de hueso nuevo. Un estudio realizado en el año 2016 en el que evalúan el aceite de ricino, poliuretano y quitosano, concluyeron que el relleno de los huecos con estos biomateriales eran beneficiosos ya que se evidencio la disminución de la movilidad en el sitio de fractura (Moreira et al., 2016).

Otro estudio en el que evalúa la eficacia del polímero de poliuretano con aceite de ricino y carbonato de calcio implantado en el metacarpo de 6 caballos adultos, evidenció la actividad osteoconductora del mismo confirmada por la presencia de osteoblastos y ausencia de inflamación crónica, por lo tanto, estos resultados indicaron que el biomaterial podría ser un compuesto aceptable para el uso como sustituto óseo en caballos con fracturas (Nóbrega et al., 2017).

2.20. Yesos

Los costos del tratamiento quirúrgico muchas veces son un impedimento para realizarlo, por lo que en estos casos una opción es la aplicación de un yeso, sin

embargo, el pronóstico para el futuro es desfavorable, atléticamente hablando, por lo que esto debe ser hablado con el propietario a profundidad. Fracturas conminutas que son muy difíciles de reparar mediante cirugía se puede optar por el tratamiento con yeso. Se debe colocar el yeso que cubra toda la extremidad y es recomendable tomar placas cada que se deba cambiar el yeso (una o dos cambios, aproximadamente por tres meses), ya que es frecuente que se desarrolle desplazamientos durante la recuperación. Los cambios de yeso es necesario realizarlo con el caballo de pie, para prevenir que se vuelva a fracturar nuevamente durante la recuperación de la anestesia (Nixon, 2020).

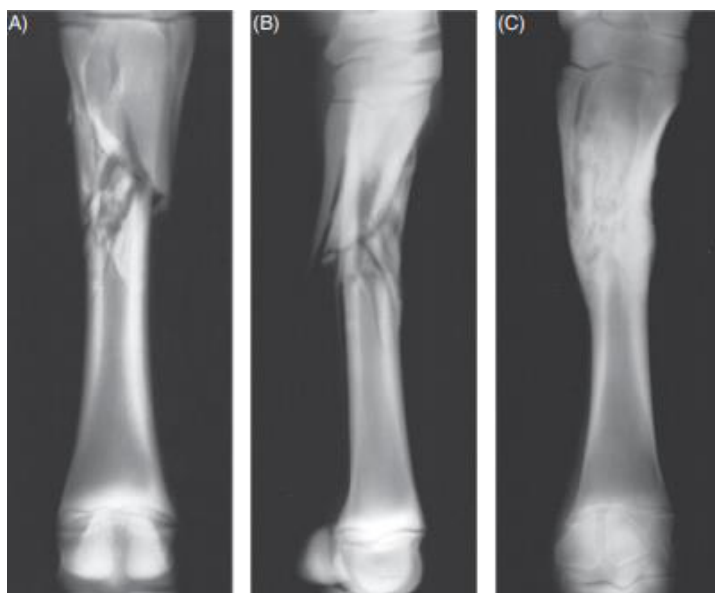


Figura 35 A). Fractura severamente conminuta del tercer metacarpo en un potro de 16 semanas de edad. B). Dos semanas después de que se colocó el yeso. C) Unión ósea por formación de callos, se observa la osteopenia de la extremidad distal y los huesos sesamoideos proximales asociados con la inmovilización prolongada del yeso. Tomado de *Nixon, 2020*.

Un estudio describe el resultado de las fracturas de extremidades en pequeños equinos tratados con una férula de Thomas modificada, en el cual el seguimiento fue de 6 meses de 12 equinos, de los cuales 8 se recuperaron de la fractura y 6 desarrollaron una deformación externa obvia. Por ende, es necesario informar al

propietario de que el tratamiento se considera un procedimiento de rescate y es una alternativa de tratamiento cuando no es posible acceder a una cirugía (Ladefoged et al., 2017).



Figura 36 Yeso de Thomas modificado en la extremidad anterior de un potro. El yeso se aplica a lo largo del miembro. Tomado de Ladefoged et al., 2017.

2.21. Amputaciones

La amputación es un procedimiento poco común en los caballos y se la realiza cuando otras alternativas no son viables (Auer & Stick, 2019). En 1959 Kersjes realiza la primera amputación en un miembro posterior de un pony y en 1963 Koger describe la primera prótesis (Verocay, 2020).

2.21.1. Patologías considerables para una amputación

- Infecciones distales no controlables
- Necrosis avascular distal

- Amputaciones accidentales
- Fracturas no reparables
- Laminitis crónica de un solo miembro
- Dolor osteoarticular crónica incompatible con una buena calidad de vida.

(Verocay, 2020).

2.21.2. Consideraciones para realizar la cirugía

- Compromiso del propietario durante toda la vida de caballo.
- Objetivo del propietario: preservación de genética o afectivo.
- Edad del caballo: animales muy jóvenes que no cierran aun sus placas de crecimiento, el miembro contralateral se puede deformar
- Peso: Lo ideal son caballos con menos de 450 kg, se complica cuando el paciente es más pesado.
- Condición patológica: Los pacientes con condiciones patológicas crónicas están más adaptados a convivir con tres miembros.
- Carácter del caballo: Dóciles

(Baxter, 2020).

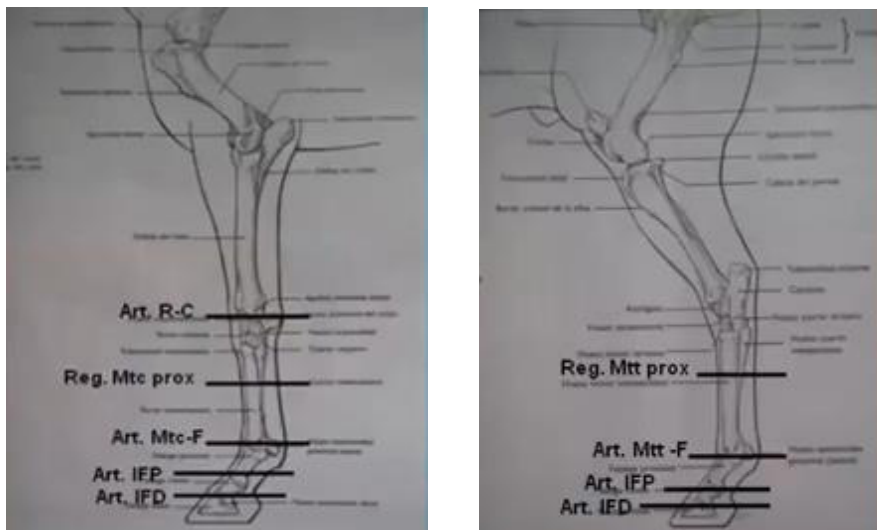


Figura 37 Niveles de Amputación en las extremidades del equino. Tomado de Verocay, 2020.

2.21.3. Pronóstico

Cuanto más distal es la amputación es mejor, los metacarpianos pueden amputarse en sus dos tercios distales. La amputación de este hueso puede llevar a la desestabilización de la articulación carpometacarpiana (Baxter, 2020).

En miembros posteriores tiene mejor pronóstico debido a la distribución del peso, el 60% del peso de los caballos es soportado con los miembros anteriores (Verocay, 2020).

Los caballos no son animales tan flexibles como los perros o los gatos, no se adaptan tan fácilmente a vivir en tres extremidades por lo que necesitan apoyarse, colocando todo su peso corporal sobre ellos, por ende, el pronóstico es reservado (Nixon, 2020).

2.21.4. Técnica Quirúrgica

En humanos se han descrito diversas técnicas, pero la aplicable en equinos es la del colgajo palmar o plantar, en la que el corte es perpendicular al hueso manteniendo el colgajo palmar conservando las estructuras musculares, tendones y ligamentos, es necesario recalcar que la sutura debe quedar por fuera de la zona de apoyo (Verocay, 2020).

2.21.5. Materiales

Paquete quirúrgico estéril para cirugía general compuesto de:

- Hoja de bisturí n°10
- 6 pinzas hemostáticas curvas tipo Kelly
- 6 pinzas hemostáticas
- Tijeras Metzembam
- Tijeras de Mayo
- Pinzas Adson-Brown
- Pinzas de dientes de ratón
- Osteotomo
- Martillo Quirúrgico
- Portagujas

- 6 cangrejos
- 4 paños de campo cuadrados o uno con ventana de 10 x 4 cm
- Gasas o compresas

(Cruz et al., 2012).

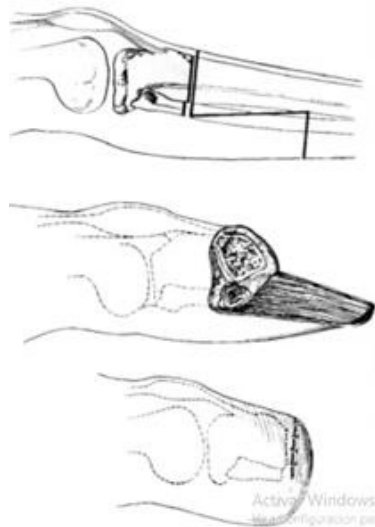


Figura 38 Colgajo para realizar el muñón. Tomado de Verocay, 2020.

2.21.6. Prótesis y Ortesis

Prótesis. Pieza u aparato artificial que se implanta en el cuerpo

Ortesis. Apoyo o soporte externo

En la mayoría de los casos se utiliza una ortesis, y se pueden realizar ortesis transitorias hasta que se obtenga un muñón definitivo, con tubo PVC y que cuenten con apoyo blando (Verocay, 2020).



Figura 39 Ortesis transitoria. Tomado de Verocay, 2020.

Luego de un par de meses, cuando el muñón toma su forma definitiva, se realiza el proceso de una ortesis definitiva, para ello se hace un molde con yeso de la extremidad, se la moldea y se la obtiene para el uso en los caballos (Verocay, 2020).



Figura 40 Ortesis definitiva. Tomado de Verocay, 2020.

2.22. Eutanasia

A pesar de los grandes avances que la cirugía ortopédica equina ha tenido, existen varias lesiones y fracturas en caballos en el que el pronóstico es muy malo y que evidentemente no se pueden tratar con éxito, por lo tanto, se debe

sugerir la eutanasia al propietario. De igual manera el veterinario es quien debe examinar el caballo a profundidad para tomar esta decisión (Baxter, 2020).

Las razones más comunes para la eutanasia de los caballos fracturados incluyen limitaciones económicas, falla del implante óseo, falta de unión, osteomielitis, infección en el sitio de fractura y desarrollo de laminitis de las extremidades de soporte (Baxter, 2020; Nutt et al., 2010).

La AAEP pone las siguientes pautas para tomar la decisión de eutanasia en equinos:

- Un caballo no debería soportar un dolor continuo e inmanejable por una condición crónica e incurable.
- Un caballo no debería tener que soportar una condición médica o quirúrgica que tiene una posibilidad irremediable de supervivencia.
- Un caballo no debería tener que permanecer vivo si tiene una condición médica inmanejable que lo convierte en un peligro tanto para el paciente, como para el personal que lo maneja.
- Un caballo no debería tener que soportar toda una vida de encierro con el objetivo de prevenir o aliviar el dolor o sufrimiento inmanejable.

(AAEP, 2016).

2.22.1. Técnica de eutanasia

Las siguientes técnicas de eutanasia se la debe realizar por personal debidamente capacitado y todos los procedimientos deben realizarse bajo un plano quirúrgico de anestesia general (AAEP, 2016). Los veterinarios equinos deben ser honestos, específicos y minuciosos en la descripción de muerte por eutanasia a los propietarios (Butler, 2006).

1. Administración intravenosa de una sobredosis de barbitúricos
2. Disparo al cerebro
3. Perno cautivo penetrante en el cerebro

(AAEP, 2016).

La mejor opción para una eutanasia humanitaria es la administración intravenosa de una sobredosis de barbitúricos, estos medicamentos se han utilizado como los principales eutanásicos. Las sobredosis conducen a una inconsciencia rápida, interrupción de la respiración y paro cardíaco (Butler, 2006).

Cuando se sacrifica un animal lo primero que se debe realizar es la colocación de un catéter, esto hace que sea más fácil la administración de los medicamentos. Se pueden usar varias combinaciones para tranquilizar y sedar a los caballos antes de la eutanasia, por ejemplo, xilacina y acepromacina o xilacina y butorfanol. Luego un sedante como la ketamina para inducir a la anestesia. Finalmente se inyecta una sobredosis de un barbitúrico (200mg/kg), lo más rápido posible, el colapso se espera entre 35 – 40 segundos y la muerte ocurre entre 1,5 – 2,5 minutos. Se debe auscultar el corazón hasta asegurarse de que deje de latir (Knottenbelt & Malalana, 2015).

2.23. Manejo Post Quirúrgico

La recuperación anestésica puede ser un momento crítico en el tratamiento de un caballo con fractura, por ende, es necesario colocar yesos o férulas en el postoperatorio para poder lograr la recuperación adecuada del paciente, con el fin de cuidar los métodos de fijación (Nixon, 2020). Se aplica un vendaje enyesado en el miembro. El primer cambio se lo realiza a las 2 semanas y a su vez se retira los puntos de sutura. Cuando la fractura es estable y el animal es joven y pequeño en tamaño, el yeso puede ser extraído 10 – 14 días después de que se evidencia la reconstrucción anatómica (Glass & Watts, 2017)

2.23.1. Complicaciones Post Quirúrgicas

Úlceras de presión. Generalmente se desarrollan en prominencias óseas como huesos accesorios o calcáneo en tarso. Es necesario mantener al paciente en una caballeriza durante un mes, el vendaje se lo debe mantener durante 2-3 semanas y se lo cambia a intervalos de 4 días. Luego de dos semanas se puede empezar con poco pastoreo y finalizado el mes, se le permite estar en un potrero pequeño. Es necesario realizar radiografías de seguimiento 2 meses después de

la cirugía ya que dependiendo de este resultado se toma la decisión del período de descanso postoperatorio (A. Fürst et al., 2020).

Necrosis. Esta puede darse por presión del vendaje o por un daño vascular irreversible, debido a que existen fracturas en los que la vascularidad del hueso se encuentra muy comprometida. Los primeros auxilios adecuados y la atención pre operatoria son esenciales para la preservación del suministro de sangre después de la lesión (Knottenbelt & Malalana, 2015).

Laminitis del miembro contralateral. Los caballos más propensos a sufrir esto son los que tienen cascos delicados y poca suela, para ello es necesario prevenir colocando un herrado protector, en especial cuando se trata de miembros anteriores y ayudar con analgesia para tratar de que se use de a poco el miembro afectado, además ayudando a dar soporte al miembro contralateral, por medio de un vendaje, este vendaje debe restringir el movimiento, evitando hiperextensiones y reduciendo la tensión en ligamentos y tendones, es necesario permitir los movimientos normales (Oliva, 2019). Estudios acerca del uso de la crioterapia para las patologías de la región distal del miembro, reduce de manera significativa la gravedad de la laminitis aguda, la forma adecuada de aplicar crioterapia en los miembros del equino es la inmersión de agua con hielo (Baxter, 2020).

La extracción de la placa se la recomienda solamente si existe presencia de dolor, aflojamiento del tornillo o infecciones. Pero en pacientes en crecimiento algunos cirujanos prefieren retirar las placas siempre (Ferrigno, 2020).

2.24. Fisioterapia

La fisioterapia y la rehabilitación son importantes en el restablecimiento de la función completa durante la recuperación de una lesión. Las técnicas de fisioterapia son diseñadas individualmente para cada paciente, en lugar de prescribirse para una lesión dada, teniendo en cuenta los objetivos de corto y largo plazo, tipo de equitación y pronóstico. El objetivo de la rehabilitación es la cicatrización de los tejidos, la biomecánica y el control neuromotor. El protocolo para cada paciente se establece como complemento del manejo médico para

facilitar el proceso de recuperación al promover la cicatrización tisular, contribuir al proceso fisiológico normal y restablecer la capacidad previa a una enfermedad o lesión. Los principios que se basa la fisioterapia incluyen, terapia manual, electroterapia, entrenamiento funcional y tratamiento basado en ejercicios terapéuticos. La necesidad clínica de la rehabilitación es verificada por la pérdida de rendimiento en los equinos debido a las lesiones musculoesqueléticas (Baxter, 2020; Haussler, 2020).

2.24.1. Terapia manual

El objetivo de la terapia manual es normalizar la irritabilidad del tejido, el tono muscular, la extensibilidad, la contractibilidad, la fortaleza y la coordinación. Muchas técnicas de terapia manual, pueden ser aplicadas en el aparato articular, incluyendo la columna vertebral y articulaciones periféricas junto con técnicas complementarias sobre los tejidos neuromusculares y fasciales. Estas técnicas de movimientos repetidos, tienen efectos sobre las estructuras intraarticulares, periarticulares (cápsula articular y ligamentos) y extraarticulares (músculo, fascia y tejido neural). Estas técnicas abarcan la aplicación de movimientos asistidos activos o pasivos con el fin de manejar y disminuir el dolor y la disfunción articular, neural y muscular. Las técnicas de movilización articular son específicas de la fisioterapia y la osteopatía y se ha documentado clínicamente su adaptación exitosa para el tratamiento de caballos. La manipulación exitosa requiere una técnica adecuada, es decir, correcta fuerza, amplitud y velocidad. También requiere un profundo conocimiento de la anatomía (Baxter, 2020).

2.24.2. Electroterapia

Es un método efectivo para el dolor y la inflamación en la fase aguda de la cicatrización. La electroterapia aplica corrientes eléctricas en el cuerpo, el cual utiliza diferentes tipos y frecuencias de corriente, dependiendo de los efectos deseados. Cuando un paciente es incapaz de contraer voluntariamente los músculos puede aplicarse la estimulación eléctrica, el cual contribuye al mantenimiento del control neuromuscular y el desarrollo del músculo. Si la

estimulación eléctrica es tolerada por el caballo, se considera útil para tratar la disfunción muscular y la atrofia (Baxter, 2020).

El ultrasonido terapéutico es usado frecuentemente en personas para producir calor tisular y aumentar el movimiento del líquido a través de las membranas celulares. En caballos los factores a considerar son aquellos que afectan en la penetración y la absorción de la corriente, como, el pelo, el cual debe ser afeitado, el espesor de la piel, la fascia y la cantidad de grasa subcutánea (Baxter, 2020).

Estudios recientes indican que la reparación del hueso se ve reforzada por el uso de campos magnéticos. El tratamiento no causa dolor. Esta técnica de rehabilitación no se debe usar cuando se ha usado placas y tornillos para reparar la fractura (McGowan & Lesley, 2016).

2.24.3. Tratamiento basado en ejercicios terapéuticos

La movilización indirecta con ejercicios es muy efectiva desde el punto de vista clínico. Un aspecto importante para la rehabilitación musculoesquelética se relaciona con el control motor y el reentrenamiento de la habilidad motora. Las técnicas de integración sensitiva involucran estimulación táctil durante el ejercicio y es clínicamente útil en el caballo, debido a que tiene la capacidad de percibir estímulos táctiles más sutiles. El objetivo de estas técnicas es estimular las vías aferentes propioceptivas que modulan y coordinan la función motora (Baxter, 2020).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Delimitación geográfica

Se tomará en cuenta principalmente artículos científicos y libros de Norte América y Europa, ya que es donde se ha realizado mayor investigación en el campo de la ortopedia equina, pero cabe recalcar que no se excluirá información

de otros países a nivel mundial si esta es relevante y genera un aporte para el estudio.

3.2. Selección de base de datos

El número inicial de artículos científicos relacionados con fracturas conminuta de metacarpo en equinos y tratamientos es de 71 en diferentes bases de datos, como son Public Medline (PubMed), Scopus, ScienceDirect y EBSCO.

PubMed es una base de datos libre y especializada en ciencias de la salud que está en línea desde 1966. Las citas en esta plataforma provienen principalmente de los campos de biomedicina y disciplinas relacionadas con ciencias de la vida (Trueba & Estrada, 2010).

Scopus es el mayor navegador científico de la web, es una base de datos sobre ciencia y tecnología y tiene acceso a unos 27 millones de referencias (Codina, 2005).

ScienceDirect es una base de datos científica de texto completo que es parte de SciVerse proporcionado por la editorial médica y científica Elsevier. Contiene 2500 revistas y más de 11 000 libros, ofrece más de 9,5 millones de artículos y capítulos de libros (Tober, 2011).

EBSCO es una base de datos que ofrece textos completos, índices y publicaciones académicas de diferentes áreas de la ciencia, su creador fue Elton Bryson Stephens en 1944 (EBSCO, 2020).

3.3. Materiales

Oficina

- Esferos
- Cuaderno
- Computadora
- Bases científicas
- Artículos Científicos
- Libros
- Prisma

- Excel
- Checklist para análisis crítico

3.4. Metodología

El siguiente trabajo de investigación consta en realizar una revisión sistemática en base a artículos científicos y libros que tengan información sobre el manejo y tratamiento adecuado para la reparación de fracturas conminutas de metacarpo en equinos, con el fin de recopilar información importante y relevante en diferentes lugares del mundo, donde haya mayor investigación en el campo de ortopedia equina, de esta manera mantener a la comunidad veterinaria al tanto de los avances científicos para ayudar a los futuros casos clínicos de fracturas en caballos.

Tras realizar la búsqueda de los artículos científicos y libros, el siguiente paso es identificar los estudios que serán incluidos en la revisión, para esto se utilizará un diagrama de flujo de prisma, el cual después de pasar por varias fases, ayuda a la organización de la investigación.

3.4.1. Criterios de Inclusión

- Estudios en los que la principal población sean los equinos.
- Estudios que tengan temas relacionados con el manejo adecuado de equinos fracturados.
- Estudios relacionados con fracturas conminutas en equinos.
- Estudios que tengan temas relacionados con tratamientos para fracturas conminutas en equinos.

3.4.2. Criterios de Exclusión

- Estudios en los que la principal población no sean los equinos.
- Estudios que no tengan temas relacionados con el manejo adecuado de equinos fracturados.
- Estudios que no tengan temas relacionados con tratamientos para fracturas conminutas en equinos.

3.4.3. Términos

Fracture, equine, comminuted, metacarpus, bone, treatment, fracture healing.

3.4.4. Conectores Booleanos

and, or, but.

3.5. Análisis Crítico

El checklist de análisis crítico está realizado para los artículos científicos de acuerdo a los siguientes criterios:

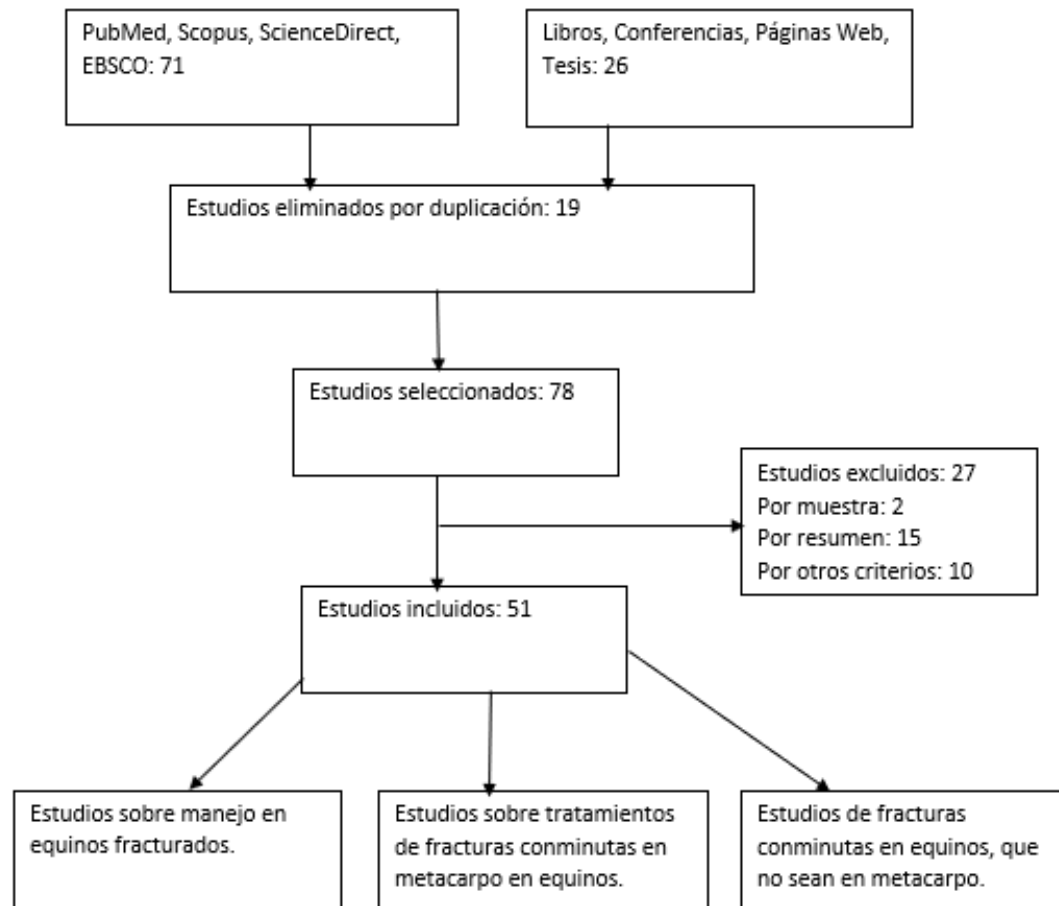
- *Año:* Los artículos no pueden ser menores al 2015, para así garantizar información actualizada
- *Tipo de Investigación:* Los artículos podrán ser de revisión, opinión, experimental y reportes de caso.
- *Población:* Deben ser artículos que estén relacionado con la población de equinos, ya sea estos caballos, potros y equinos pequeños.
- *Tema:* Los temas revisados tienen que tener relación con el manejo de fracturas en metacarpo y los tratamientos en equinos.

Checklist Análisis Crítico								
N°	Artículo Científico	Base Científica	Revista Científica	Año	Tipo de Investigación	Población	Tema	
1	Physcal Fractures i	ScienceDirect	CrossMark	2017	Revisión	Potros	Fractura	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
2	Bilateral Catastrop	Elsevier	Journal of Equine Veterinary Science	2016	Reporte de Caso	Caballos	Fractura	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
3	Transfixation pin c	PubMed	CLÍNICA E CIRURGIA	2015	Experimental	Potros	Fijación Externa	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
4	An In Vitro Biomec	PubMed	Veterary Surgery	2011	Experimental	Caballos	Injerto óseo	<input type="checkbox"/> Cas
5	Magnetic resonanc	PubMed	Equine Veterinary Journal	2016	Experimental	Caballos	Fisioterapia	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
6	Mechanical evalua	PubMed	Clinical and Surgery	2016	Experimental	Caballos	Injerto óseo	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
7	Fracture managem	Elsevier	The Veterinary Journal	2015	Revisión	Caballos	Fractura	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
8	A month in a horse	Elsevier	International Journal of Paleopathology	2018	Experimental	Caballos	Paleontología	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
9	Anesthetic manag	PubMed	J. Equine Sci.	2017	Experimental	Caballos	Anestesia	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
10	Clinical usefulness	PubMed	J. Equine Sci.	2017	Experimental	Caballos	Anestesia	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
11	Epidemiology of fr	PubMed	EVJ-GA	2018	Epidemiología	Equinos	Epidemiología	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
12	Histologic and imm	PubMed	AJVR	2017	Experimental	Equinos	Injertos óseos	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
13	Historical Perspect	PubMed	Companion Animal Euthanasia Training Academy	2019	Experimental	Animales	Eutanasia Veterinaria	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
14	Hypoxia and mese	PubMed	PLOS ONE	2019	Experimental	Equinos	Fractura	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
15	In Vitro Compariso	PubMed	Veterary Surgery	2007	Experimental	Caballos	Fractura	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
16	In vitro mechanical	PubMed	AJVR	2017	Experimental	Equinos	Fractura	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
17	Insertional charact	PubMed	AJVR	2019	Experimental	Equinos	Mtc	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
18	Mechanical evalua	PubMed	Ciencia Rural	2016	Experimental	Caballos	Injertos óseos	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
19	Modified Thomas s	PubMed	Veterary Surgery	2017	Experimental	Potros	Fijación Externa	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
20	Osteogenic Effect c	PubMed	Asian Journal	2015	Experimental	Caballos	Fractura	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
21	Recomendaciones	EBSCO	Infectio	2017	Experimental	Humanos	Antisepsia	<input type="checkbox"/> Cas
22	Relative stiffness c	EBSCO	Journal od Veterinary and Critical Care	2015	Experimental	Equinos	Fijación Externa	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
23	Tendinopatía del t	EBSCO	Arch Med	2011	Experimental	Caballos	Fisioterapia	<input checked="" type="checkbox"/> Cas
24	Transfixation pin c	EBSCO	Ciencia Rural	2015	Experimental	Potros	Fijación Externa	<input checked="" type="checkbox"/> Cas

Figura 41 Checklist Análisis Crítico

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagrama de flujo del prisma



4.2. Discusión

En base a la investigación realizada para las fracturas conminutas en el tercer hueso metacarpiano de los equinos, existen varios factores a considerarse para que el tratamiento sea exitoso. Entre los cuales, se encuentran, el adecuado manejo en la estabilización y transporte del paciente, ya que en muchas ocasiones los caballos son transportados de manera inadecuada haciendo que la lesión empeore e incluso se vuelva irreparable (Nixon, 2020). Es importante que cada fractura sea analizada individualmente para la elección del tratamiento correcto, teniendo en cuenta las características que acompañan a la fractura como el compromiso neurovascular y articular, peso, edad y finalidad zootécnica del paciente así como el análisis costo-beneficio.

La reconstrucción anatómica de las fracturas conminutas puede representar un proceso complejo, ya que muchos fragmentos pequeños ya no pueden ser recuperables (Nixon, 2020). La AOVET sugiere la fijación interna realizada con dos placas que pueden ser DCP o LCP unidas al hueso con tornillos corticales y de bloqueo ya que generan compresión interfragmentaria (AO Foundation, 2007). Un estudio en el que se realizan pruebas biomecánicas in vitro de las placas DCP y LCP muestra que las placas LCP tienen mayor fuerza de rendimiento, alta rigidez y movimiento mínimo en el sitio de la fractura (Bischofberger et al., 2009).

Por otro lado Baxter (2020) señala que las fracturas conminutas severas pueden cicatrizar con clavos de transfixión y fijadores externos o yesos. Los sistemas de fijación externa son frecuentemente utilizados en humanos y en pequeños animales para promover la estabilización de la fractura. En equinos se han utilizado para tratar fracturas multifragmentarias del tercer hueso metacarpiano y metatarsiano junto con una terapia de plasma rico en plaquetas ya que concentra gran variedad de factores de crecimiento aumentando la tasa de proliferación celular (Watanabe et al., 2015). Estos métodos son más exitosos en potros debido a la cicatrización más rápida y peso corporal más bajo, por ejemplo, un estudio en el que se evalúa una potra de 150 kg que presenta una fractura conminuta en la diáfisis del hueso metacarpiano derecho, fue tratada

con pasadores transcorticales asociados a un yeso, así como la aplicación de plasma rico en plaquetas y el resultado fue favorable, después de dos años del procedimiento, el paciente inició su entrenamiento y seis meses después corrió por primera vez (Watanabe et al., 2015). En caballos adultos la gravedad de estas fracturas hace que el pronóstico sea reservado, por lo que incluir la fijación por medio de dos placas y combinarlo con fijadores externos o yesos han sido exitosos en algunos casos (Baxter, 2020). Un estudio retrospectivo que incluye 25 caballos en dos hospitales docentes, tratados con fijación interna y coaptación externa muestra una tasa de éxito del 67% (Bischofberger et al., 2009). Nutt et al. (2010) compara las propiedades mecánicas de tres métodos de fijación externa que son: Pin de transfijación, fijador esquelético externo de barra lateral modular y un fijador esquelético externo de barra lateral sólida, llegando a la conclusión de que el tercer método es más rígido y fuerte que el primero y el segundo, por lo que este estudio ofrece una alternativa viable para la estabilización de fracturas de huesos largos en caballos adultos.

Otro método, el cual logra disminuir el peso y repartir las cargas para que la fractura no colapse es el que Baxter (2020) y Creek (2016) aconsejan utilizar, colocando 2 pines de Steinman de 4,7 mm a una distancia entre si aproximada de 3 cm, con un ángulo de 30°, en la parte distal del radio, con el fin de minimizar el estrés sobre la línea de fractura. Adicionalmente un estudio compara la tensión de los pines de Steinman en 3 construcciones diferentes, colocados en la parte distal del hueso metacarpiano para proteger a una fractura en la primera falange. La primera técnica menciona, dos pasadores de 6,3 mm espaciados a 4 cm de distancia con un ángulo de 30°. La segunda técnica es similar a la primera con la diferencia que se colocaron los pasadores a 5 cm de distancia y la tercera técnica describe cuatro pasadores de 4,8 mm separados con 2 cm entre sí con un ángulo de 10°. Se llegó a la conclusión que la construcción de 4 pines tenía menos tensión, ya que la cantidad de carga transferida fue mejor en esta técnica, esto sugiere que la tercera construcción proporciona mayor protección contra la sobrecarga de la fractura (Thomas et al., 2018). De este modo, se puede considerar esta técnica de fijación en la parte distal del radio para fracturas de metacarpo.

Las fracturas conminutas a su vez generan espacios pequeños lo que es importante poner atención ya que crean micromovimientos, lo que puede ocasionar fallas en la consolidación de la fractura. Para esto en la actualidad hay varios estudios que respaldan la efectividad de biomateriales sintéticos que reemplazan a los injertos óseos de hueso esponjoso, entre los cuales incluyen polímeros a base de quitosano, aceite de ricino e hidroxiapatita, teniendo como objetivo rellenar los espacios pequeños, hasta ser reemplazado gradualmente por nuevo hueso.

La hidroxiapatita es el componente inorgánico principal de la matriz ósea. Un estudio en el que se realiza un recubrimiento de hidroxiapatita en los pasadores de transfijación se evidencia que aumenta la estabilidad y reduce el riesgo de infección y falla mecánica de la fractura, el autor sugiere realizar más investigaciones in vivo sobre esta práctica, ya que menciona que existe una posible integración del tornillo con el hueso por lo que la extracción del tornillo se tornaría difícil o imposible (Durham et al., 2015).

El poliuretano es un derivado del aceite de ricino el cual se lo ha empleado como sustituto óseo. En un estudio realizado por Nóbrega et. al (2017) se evidencia la actividad osteoconductora del aceite de ricino y se observa ausencia de inflamación y signos de toxicosis, lo cual el autor indica que el polímero es biocompatible con tejidos en los equinos. Otro estudio en el que se realizaron pruebas de compresión en 10 huesos metacarpianos de caballos, obteniendo tres grupos (control, aceite de ricino y quitosano). Se observa que con una carga máxima de 1000N hay una deformación ósea del 14% en el grupo control, mientras que al llenar los espacios con quitosano y aceite de ricino disminuye al 3,5% y 4,8% respectivamente y una reducción de la tensión en la placa del 96% con quitosano y 85% con aceite de ricino (Moreira et al., 2016).

La eutanasia y la amputación del miembro también son tratamientos que se deben considerar cuando este tipo de fracturas no tienen un pronóstico y evolución favorable, un ejemplo de esto es un estudio de un caso clínico de un caballo Cuarto de Milla con 5 años de edad con un peso de 450 kg, el cual presentaba fracturas conminutas severas en los huesos metacarpianos en

ambas extremidades anteriores, por lo que se evidencia un gran daño neurovascular y en tejidos blandos, así como el compromiso de la articulación carpometacarpiana, por lo que se decide tomar la decisión de eutanasia (Cole et al., 2016).

De manera que realizar un solo tipo de fijación en las fracturas conminutas no es recomendable, debido a la complejidad y la inestabilidad que generan, por ende los altos costos del tratamiento hacen que algunos propietarios no accedan al tratamiento.

4.3. Limitantes

Algunos de los artículos científicos y libros no se encuentran libres en la web y tienen costos muy elevados.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al realizar la revisión sistemática de una fractura conminuta de tercer metacarpo en equinos, finalmente se concluye:

- El tratamiento adecuado ya sea este por medios quirúrgicos o no quirúrgicos se debe determinar luego de una cuidadosa evaluación de la fractura, la condición de la extremidad y del equino, el costo de la reparación y el pronóstico.
- El enfoque para reparar estas fracturas exitosamente está diseñado para mantener la integridad vascular y evitar el compromiso de tejidos blandos favoreciendo el regreso temprano a la función zootécnica del caballo.
- Las fracturas conminutas son muy inestables y requieren de una combinación de métodos de fijación, que deben ser evaluados por un cirujano con experiencia mediante un análisis clínico previo de los factores del paciente y la fractura.
- Es necesario llevar a cabo una discusión detallada con los propietarios de los equinos sobre los riesgos y complicaciones que el tratamiento conlleva, brindándoles información completa sobre todas las opciones,

incluyendo la amputación del miembro o la eutanasia ante el fracaso de las técnicas mencionadas previamente.

5.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio epidemiológico para informar la prevalencia de las fracturas conminutas en el Ecuador, las causas, el método de reparación usado y el éxito del tratamiento.

- En unión con otras carreras tecnológicas se puede ofrecer estudios que contribuyan a la fabricación de ortesis y prótesis en equinos, con lo cual se puede reducir el índice de eutanasia e implementar una nueva técnica más versátil y sin complicaciones para el equino.

- Ofrecer posgrados a médicos veterinario en diferentes universidades del país, con el objetivo de una mejor preparación en el área de cirugía ortopédica en equinos.

- Crear la necesidad de una industria nacional veterinaria para fabricar diferentes materiales utilizados en ortopedia (placas, injertos, tornillos, etc.) con lo cual se reducirían los costos y los propietarios consideren la opción quirúrgica con mayor frecuencia.

REFERENCIAS

- AAEP. (2016). *Euthanasia Guidelines*. <https://aaep.org/guidelines/euthanasia-guidelines>
- AAEP. (2020). *Grados de claudicación*.
- Alarcón, D. (2018). *ESTUDIO DE CASO DE LA RESOLUCIÓN QUIRÚRGICA DE UN PROCESO EXOSTÓTICO EN MIEMBRO POSTERIOR IZQUIERDO, EN LA ARTICULACIÓN INTERFALÁNGICA PROXIMAL EN UN EQUINO DEPORTIVO*.
- Álvarez, C. A., Guevara, C. E., Valderrama, S. L., Sefair, C. F., Cortes, J. A., Jiménez, M. F., Soria, C. G., & Cuellar, L. E. (2017). Recomendaciones prácticas para la antisepsia de la piel del paciente antes de cirugía. *Infectio*, 21(3), 182–191. <https://doi.org/10.22354/in.v21i3.676>
- AO Foundation. (2007). *DCP and LC-DCP Systems . Dynamic Compression Plates (DCP) and Dynamic Compression Plates with Limited Bone Contact (LC-DCP)*.
- AOVET. (2020). *Sites and Techniques for Harvesting Bone Grafts in the Horse*. <https://www.youtube.com/watch?v=r4C3oTyUIB4>
- Auer, J. A., & Grainger, D. W. (2015). Fracture management in horses: Where have we been and where are we going? *Veterinary Journal*, 206(1), 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.06.002>
- Auer, J. A., & Stick, J. A. (2019). *Equine Surgery*.
- Baxter, G. M. (2020). ADAMS & STASHAK'S LAMENESS IN HORSES. In *WILEY Blackwell* (Vol. 1).
- Bertone, A. L. (1994). Management of orthopedic emergencies. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 10(3), 603–625. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30350-4](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30350-4)
- Bischofberger, A. S., Fürst, A., Auer, J., & Lischer, C. (2009). Surgical

- management of complete diaphyseal third metacarpal and metatarsal bone fractures: Clinical outcome in 10 mature horses and 11 foals. *Equine Veterinary Journal*, 41(5), 465–473.
<https://doi.org/10.2746/042516409X389388>
- Bramlage, L., Richardson, D., Markel, M., & Salis, B. (2018). *Principles of fracture fixation*. <https://doi.org/10.22233/9781910443279.8>
- Budras, K.-D. (2008). *Anatomy of the Horse*.
- Butler, C. (2006). Euthanasia and Grief Support in an Equine Bond-Centered Practice. In *Equine Geriatric Medicine and Surgery*. Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B0-7216-0163-4/50025-6>
- Clarke, K., Cynthia, T., & Hall, L. (2014). *Veterinary Anaesthesia*.
- Codina, P. L. (2005). Scopus: el mayor navegador científico de la web. *El Profesional de La Informacion*, 14(1), 44–49.
<https://doi.org/10.3145/epi.2005.feb.07>
- Cole, R., Wilborn, R., Gillen, A., Newton, J., & Walz, H. (2016). Bilateral Catastrophic Metacarpal Fractures in a Quarter Horse Gelding. *Journal of Equine Veterinary Science*, 44, 17–20.
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.02.235>
- Creek, R. (2016). *AOVET North America Equine Masters Course – Solutions for Complex Equine Orthopedic Injuries*.
- Cruz, A., Campoy, L., Rioja, E., & Rubio, L. (2012). *Manual de técnicas quirúrgicas y anestésicas en la clínica equina*.
- Donati, B., Fürst, A. E., Hässig, M., & Jackson, M. A. (2018). Epidemiology of fractures: The role of kick injuries in equine fractures. *University of Zurich, Switzerland*.
- Durham, M. E., Sod, G. A., Riggs, L. M., & Mitchell, C. F. (2015). An in vitro biomechanical comparison of hydroxyapatite coated and uncoated AO cortical bone screws for a limited contact: Dynamic compression plate

- fixation of osteotomized equine 3rd metacarpal bones. *Veterinary Surgery*, 44(2), 206–213. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2014.12259.x>
- Dyson, S. J., Arthur, R. M., Palmer, S. E., & Richardson, D. (1995). SUSPENSORY LIGAMENT DESMITIS. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 11(2), 177–215. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30319-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30319-X)
- EBSCO. (2020). *Base de Datos para la Investigación*. <https://www.ebsco.com/e/latam/productos-y-servicios/base-de-datos-para-investigacion>
- Ferrigno, C. (2020). *Implant Removal*. Implant Removal. <https://surgeryreference.aofoundation.org/vet/cat/tibial-shaft/further-reading/implant-removal>
- Fürst, A. E. (2012). *Emergency Treatment and Transportation of Equine Fracture Patients*.
- Fürst, A., McIlwraith, W., & Richardson, D. (2020). *Double plating*. <https://surgeryreference.aofoundation.org/vet/horse/metacarpals-metatarsals/iii-diaphyseal-multifragment/double-plating#aftercare>
- Glass, K., & Watts, A. E. (2017). Diagnosis and Treatment Considerations for Nonphyseal Long Bone Fractures in the Foal. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 33(2), 431–438. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.03.013>
- Haussler, K. (2020). *Equine Chiropractic: General Principles and Applications*. AAEP. <https://aaep.org/horsehealth/equine-chiropractic-general-principles-and-applications>
- Jiliang Li, Melissa A. Kacena, D. L. S. (2019). *Fracture Healing*.
- Knottenbelt, D., & Malalana, F. (2015). *Equine Formulary*.
- Ladefoged, S., Grulke, S., Busoni, V., Serteyn, D., Salciccia, A., & Verwilghen, D. (2017). Modified Thomas splint-cast combination for the management of

- limb fractures in small equids. *Veterinary Surgery*, 46(3), 381–388.
<https://doi.org/10.1111/vsu.12612>
- Levine, D. G., & Aitken, M. R. (2017). Physeal Fractures in Foals. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 33(2), 417–430.
<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.03.008>
- Linden, C., Keren, D., & Keith, T. (2016). *Bones and Joints*.
- Llano, P. A. de. (2011). *Manual de introducción a la Radiología Equina*.
- McGowan, C., & Lesley, G. (2016). *Animal Physiotherapy*.
- Mizobe, F., Wakuno, A., Okada, J., Otsuka, T., Ishikawa, Y., & Kurimoto, S. (2017). Clinical usefulness of intravenous constant rate infusion of fentanyl and medetomidine under sevoflurane anesthesia in thoroughbred racehorses undergoing internal fixation surgery. *Journal of Equine Science*, 28(4), 143–147. <https://doi.org/10.1294/jes.28.143>
- Moreira, R. C., Graaf, G. M. M. Van De, Pereira, C. A., & Zoppa, A. L. do V. De. (2016). Mechanical evaluation of bone gap filled with rigid formulations castor oil polyurethane and chitosan in horses. *Ciência Rural*, 46(12), 2182–2188. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150838>
- Morshed, S., & Ding, A. (2017). Fracture healing. In *Nonunions: Diagnosis, Evaluation and Management* (Second Edi). Elsevier Inc.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7178-7_2
- Nixon, A. J. (2020). *Equine Fracture*.
- Nóbrega, F., Selim, M., Chavez, V., Correa, L., Ferreira, M., & Zoppa, A. (2017). Histologic and immunohistochemical evaluation of biocompatibility of castor oil polyurethane polymer with calcium carbonate in equine bone tissue. *AJVR*, 78, 5.
- Nutt, J. N., Southwood, L. L., Elce, Y. A., & Nunamaker, D. M. (2010). In Vitro Comparison of a Novel External Fixator and Traditional Full-Limb Transfixation Pin Cast in Horses. *Veterinary Surgery*, 39(5), 594–600.

<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2010.00706.x>

- Oliva, I. (2019). Vendajes. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rannamäe, E., Andrianov, V., Järv, E., Semjonov, A., Haak, A., & Kreem, J. (2019). A month in a horse's life: healing process of a fractured third metatarsal bone from medieval Viljandi, Estonia. *International Journal of Paleopathology*, 24(July), 286–292. <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2018.07.003>
- Rossignol, F., & Boening, J. (2014). Use for a modified transfixion pin cast dor treatment of comminuted phalangeal fractures in horses. *Vet Sug.*
- Ruggles, A. J. (2015). First Aid Care of Limb Injuries. In *Robinson's Current Therapy in Equine Medicine: Seventh Edition* (Seventh Ed). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-4555-5.00005-4>
- S. Sisson, J. D. G. (1982). *Anatomia de los Animales Domesticos.*
- Sermon, A. (2018). AO principles of fracture management. In *Acta chirurgica Belgica* (Vol. 118, Issue 4). <https://doi.org/10.1080/00015458.2018.1467124>
- Thomas, K. L., Carmalt, J. L., Burnett, W. D., Arjmand, H., & Johnston, J. D. (2018). In vitro mechanical evaluation of three transfixation pin-cast constructs applied to equine forelimbs. *American Journal of Veterinary Research*, 79(12), 1287–1297. <https://doi.org/10.2460/ajvr.79.12.1277>
- Thrall, D. (2018). *Veterinary Diagnostic Radiology.*
- Tober, M. (2011). PubMed, ScienceDirect, Scopus or Google Scholar - Which is the best search engine for an effective literature research in laser medicine? *Medical Laser Application*, 26(3), 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.mla.2011.05.006>
- Trueba, R., & Estrada, L. (2010). La base de datos PubMed y la búsqueda de información científica. *Seminarios de La Fundacion Espanola de Reumatologia*, 11(2), 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.semreu.2010.02.005>

- Uribe, J. (2014). *SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE FRACTURAS DEL ESQUELETO APENDICULAR DE LOS ÉQUIDOS, CON BASE EN LA CLASIFICACIÓN DE FRACTURAS MULLER AO: ESTUDIO DE REVISIÓN.*
- Vásquez, E. M. (2014). *Corrección de Fractura Completa de Metatarso, mediante fijación interna con técnica mínimamente invasiva de un Equino.*
- Verocay, J. (2020). *Amputaciones en Equinos.*
<https://www.youtube.com/watch?v=VD6xYqPwh0Q>
- Wagner, A. E. (2009). Stress Associated with Anesthesia and Surgery. In *Equine Anesthesia*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-2326-5.00004-3>
- Wakuno, A., Maeda, T., Kodaira, K., Kikuchi, T., & Ohta, M. (2017). Anesthetic management with sevoflurane combined with alfaxalone-medetomidine constant rate infusion in a thoroughbred racehorse undergoing a long-time orthopedic surgery. *Journal of Equine Science*, 28(3), 111–115. <https://doi.org/10.1294/jes.28.111>
- Watanabe, M. J., Yamada, A. L. M., Alves, A. L. G., de Moura Alonso, J., Barbosa, R. G., de Faria Mantovani, C., & Hussni, C. A. (2015). Pinos transcorticais e gesso associados à aplicação local de plasma rico em plaquetas no tratamento de fratura do iii metatarsiano em potro. *Ciencia Rural*, 45(3), 528–532. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131061>
- Weaver, M., & Barakzai, S. (2010). Radiography of the Metacarpus and Metatarsus. *Handbook of Equine Radiography*, 53–64. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7020-2863-2.50009-0>

ANEXOS

Equine and fracture

Buscar

Búsqueda básica | Búsqueda avanzada | Historial de búsqueda

Depurar los resultados

Búsqueda actual

Booleano/Frase:

Equine and fracture

Amplidores

Aplicar materias equivalentes

Limitar a

- Texto completo
- Hay referencias disponibles
- Publicaciones académicas (arbitradas)
- Texto completo com

Resultados de la búsqueda: 1 a 10 de 423

Fecha más reciente

Opciones de página

Compartir

1. Experimental determination of the impact energy of horse kicks.



By: Benthien, Jan T.; Ohlmeyer, Martin; Gäckler, Susanne; Krause, Andreas; Al Samarraie, Ahmed. *Biosystems Engineering*. Jul2020, Vol. 195, p54-63. 10p. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2020.04.009.

Kicking is a natural behaviour of horses, but it can become problematic if stall components are hit and do not withstand the impact load. Injuries may occur due to material failure or hoof entrap...

Materias: ANIMAL welfare; HORSES; FRACTURE mechanics; SAFETY factor in engineering; MECHANICAL energy; IMPACT (Mechanics); GERMANY; Live animal merchant wholesalers; Other Farm Product Raw Material Merchant Wholesalers

Full Text Finder

2. Pantarsal arthrodesis in a pony using a locking compression plate.



By: Vlahos, T. *Equine Veterinary Education*. Jul2020, Vol. 32 Issue 7, pe83-e86. 4p. DOI: 10.1111/eve.13037.

Summary: This report describes a case of pantarsal arthrodesis for the treatment of a comminuted fracture and luxation of the equine tarsus using a locking compression plate (LCP). A 20-year-old...

Equine Fracture but comminuted



Search

Advanced | Create alert | Create RSS

User Guide

Save

Email

Send to

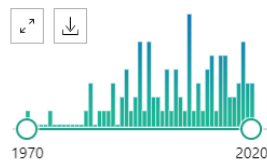
Sorted by: Best match

Display options

MY NCBI FILTERS

94 results

RESULTS BY YEAR



TEXT AVAILABILITY

- Abstract
- Free full text
- Full text

ARTICLE ATTRIBUTE

- Associated data

1. Outcome of Pelvic Fractures Identified in 75 Horses in a Referral Centre: A Retrospective Study.

Moiroud CH, Coudry V, Denoix JM.

Vet Comp Orthop Traumatol. 2019 Jul;32(4):274-281. doi: 10.1055/s-0039-1688774. Epub 2019 Jul 18.

PMID: 31319430

RESULTS: Forty-six of 75 horses returned to or began their intended activity. This proportion was significantly lower in the group of horses that sustained a comminuted fracture irrespective of the fracture location (11/25, p = 0.05). ...Nevent ...

Cite | Share

2. Diagnostic Imaging in Veterinary Dental Practice.

True CK, Bolam CJ, Baratt RM, Selberg K.

J Am Vet Med Assoc. 2018 Apr 1;252(7):805-807. doi: 10.2460/javma.252.7.805.

PMID: 29553903 No abstract available.

Cite | Share

Find articles with these terms

equine and comminuted fracture



Advanced search

Case report

Severe **Comminuted** and Spiral Tibial **Fracture** Managed with a Cross-tied Cast in a Pony

Journal of **Equine** Veterinary Science, Volume 34, Issue 4, April 2014, Pages 528-531

Gabriel Cuevas-Ramos, Sophie Moretti

Research article

Allografts versus **Equine** Xenografts in Calcaneal **Fracture** Repair

The Journal of Foot and Ankle Surgery, Volume 56, Issue 3, May-June 2017, Pages 510-513

Mehmet Mesut Sonmez, Raffi Armagan, Meric Ugurlar, Tugrul Eren

Want a richer search experience?

Sign in for additional filter options, multiple article downloads, and [more](#).

[Sign in >](#)

