



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

MONOGRAFIA

**FRACTURA CORTICAL DORSAL DEL TERCER METACARPIANO
Y SUS ALTERNATIVAS TERAPÉUTICAS EN EQUINOS FINA
SANGRE DE CARRERA**

Valentina Paz Hinojosa Droguett

Memoria para optar al Título
Profesional de
Médico Veterinario
Departamento de Ciencias Clínicas

PROFESOR GUÍA: Dr. ADOLFO F. GODOY PINTO
Departamento de Ciencias Clínicas
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias
Universidad de Chile

SANTIAGO, CHILE
2022



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

MONOGRAFIA

**FRACTURA CORTICAL DORSAL DEL TERCER METACARPIANO
Y SUS ALTERNATIVAS TERAPÉUTICAS EN EQUINOS FINA
SANGRE DE CARRERA**

Valentina Paz Hinojosa Droguett

Memoria para optar al Título
Profesional de
Médico Veterinario
Departamento de Ciencias Clínicas

Nota Final:

Profesor Guía:	Dr. Adolfo Godoy Pinto	Firma:
Profesor Corrector:	Dr. Enrique Pinto Peña	Firma:
Profesor Corrector:	Dr. Gustavo Farías Roldán	Firma:

SANTIAGO, CHILE
2022

ÍNDICE

ÍNDICE	ii
ÍNDICE FIGURAS	iv
ÍNDICE TABLAS	v
ABREVIACIONES	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
Enfermedad metacarpiana dorsal	4
Fractura cortical dorsal del metacarpo III	5
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
Objetivo específico 1	8
Objetivo específico 2	9
Objetivo específico 3	11
RESULTADOS OBJETIVO 1	12
Proceso de selección de registros	12
Etiopatogenia de la FCD del McIII en equinos FSC	14
1. Etiología de la FCD del McIII en equinos FSC	14
2. Patogenia de la FCD del McIII en equinos FSC	18

RESULTADOS OBJETIVO 2	21
Proceso de selección de registros	21
Alternativas terapéuticas de la FCD del McIII en equinos FSC	24
1. Tratamiento conservador	24
2. Tratamientos quirúrgicos	25
2.1 Osteostixis	25
2.2 Fijación con tornillo	27
2.3 Combinación de osteostixis y fijación con tornillo	29
3. Otras alternativas terapéuticas	30
3.1 Bisfosfonatos	30
3.2 Ondas de choque extracorpóreas (focales y no focales)	33
3.3 Combinación de alternativas terapéuticas	36
Evaluación de calidad de la evidencia y grados de recomendación	37
RESULTADOS OBJETIVO 3	45
DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54

ÍNDICE FIGURAS

- **Figura 1:** Diagrama de flujo PRISMA 2020 para nuevas revisiones sistemáticas que incluyan búsquedas en bases de datos, registros y otras fuentes (Page *et al.*, 2021).
Página 9.
- **Figura 2:** Diagrama de flujo PRISMA 2020 para selección de registros a incluir en la revisión del objetivo específico 1 (Modificado a partir de Page *et al.*, 2021).
Página 13.
- **Figura 3:** Diagrama de flujo PRISMA 2020 para selección de registros a incluir en la revisión del objetivo específico 2 (Modificado a partir de Page *et al.*, 2021).
Página 22.

ÍNDICE TABLAS

- **Tabla 1:** GRADE modificado (Monterola *et al.*, 2014). **Página 10.**
- **Tabla 2:** Fuentes de información utilizadas para la búsqueda de referencias bibliográficas – objetivo específico 1 (elaboración propia). **Página 12.**
- **Tabla 3:** Tipos de registros seleccionados para incluir en la revisión – objetivo específico 1 (elaboración propia). **Página 14.**
- **Tabla 4:** Fuentes de información utilizadas para la búsqueda de referencias bibliográficas – objetivo específico 2 (elaboración propia). **Página 21.**
- **Tabla 5:** Tipos de registros seleccionados para incluir en la revisión – objetivo específico 2 (elaboración propia). **Página 23.**
- **Tabla 6:** Estudios recopilados que abordan el tratamiento de la FCD del McIII en equinos FSC (elaboración propia). **Página 38.**
- **Tabla 7:** Perfil de evidencia GRADE “osteostixis comparado con fijación con tornillo o la combinación de ambos para equinos FSC con FCD del McIII” (Gradepro, 2021). **Página 40.**
- **Tabla 8:** Perfil de evidencia GRADE “tratamiento alternativo (ODCE y/o BP)” (Gradepro, 2021). **Página 41.**
- **Tabla 9:** Grados de recomendación de tratamientos quirúrgicos y alternativos para la FCD del McIII en equinos FSC (elaboración propia). **Página 42.**
- **Tabla 10:** Calidad de revistas científicas consultadas (elaboración propia a partir de JRC y SJR). **Página 44.**
- **Tabla 11:** Comparación de las alternativas terapéuticas para FCD del McIII en equinos FSC (elaboración propia). **Página 45.**

ABREVIACIONES

- AAEP: *american association of equine practitioners*
- AINES: antiinflamatorios no esteroideos
- BPs: bisfosfonatos
- BPs-NN: bisfosfonatos no nitrogenados
- Cx: quirúrgica
- EMD: enfermedad metacarpiana dorsal
- FAR: fenómeno acelerador regional
- FCD: fractura cortical dorsal
- FSC: fina sangre de carrera
- FT: fijación con tornillo
- GRADE: *the grading of recommendations assessment development and evaluation*
- JRC: *journal citation reports*
- McIII: tercer metacarpiano
- N: nitrógeno
- ODCE: ondas de choque extracorpóreas
- ODCE-F: ondas de choque extracorpóreas focales
- ODCE-R: ondas de choque extracorpóreas radiales
- OST: osteostixis
- PMD: periostitis metacarpiana dorsal
- PRISMA: *preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*

- Q1: cuartil uno
- Q4: cuartil cuatro
- Rx: radiografía

RESUMEN

La Fractura Cortical Dorsal (FCD) forma parte de la Enfermedad Metacarpiana Dorsal y es un problema común en equinos Fina Sangre de Carrera (FSC), que están iniciando su entrenamiento de carreras. A pesar de su importancia en el *turf*, aún existen discusiones en cuanto a su etiopatogenia y el mejor tratamiento para abordarla. Por dicha razón, en esta monografía se planteó como objetivo realizar una actualización de la etiopatogenia de la FCD y sus alternativas terapéuticas, y comparar estas últimas para determinar aquella que actualmente es la más recomendada para tratar esta patología.

Probablemente el principal factor etiológico de la FCD es el entrenamiento, pero hay otros factores que también pueden contribuir a su desarrollo, como aquellos relacionados al equino, características del hueso y de la pista, manejo en criadero, preparación de la venta de potrillos, preentrenamiento, y la velocidad a la que corren estos ejemplares. Existe consenso en que el tipo de ejercicio al que se somete el FSC resulta en altas tensiones en el hueso cortical dorsal del tercer metacarpiano (McIII), lo que sumado a que este hueso es menos rígido en equinos jóvenes, genera las condiciones para que se desarrollen microdaños que progresan a microfracturas. Frente a esto, se genera modelación ósea, particularmente sobre la corteza dorsomedial, mediante la aposición de hueso periosteal. Por un lado, esto genera la periostitis metacarpiana dorsal y, por otro lado, favorece la acumulación de microdaños y microfracturas en la corteza dorsolateral, generando un debilitamiento de esta última. Debido a que las tasas de remodelación ósea están reducidas bajo condiciones de ejercicio a alta velocidad, la respuesta de reparación ósea no ocurre en forma adecuada, permitiendo la propagación y fusión de las microfracturas, lo que dará origen a la FCD, la cual, si no es controlada, predispone a fractura catastrófica del McIII.

El objetivo del tratamiento de la FCD es que el equino retorne al ejercicio lo más rápido posible, motivo por el cual el tratamiento conservador no es la mejor opción. Frente a esto surgieron los tratamientos quirúrgicos, pero parece ser que el tiempo de recuperación muchas veces también es extenso. Se ha propuesto el uso de tratamientos alternativos, como ondas de choque extracorpóreas y bisfosfonatos, pero se discute su uso en equinos FSC jóvenes en términos de su efecto y seguridad. En base a la evaluación GRADE, la recomendación de los tratamientos quirúrgicos es fuerte como tratamiento de la FCD, y de los tratamientos alternativos es fuerte para su uso en investigación. Al comparar las

opciones terapéuticas y en base a la información existente, actualmente el mejor tratamiento para abordar la FCD es la Osteotomía. Sin embargo, para lograr mejores resultados es necesario dar mayor importancia al protocolo de ejercicio post tratamiento.

Entendiendo la etiopatogenia y las potenciales complicaciones de la FCD y sus tratamientos, surge la interrogante de si es mejor apuntar a prevenir esta patología, por lo que se sugiere investigar acerca de aspectos preventivos, como el inicio temprano del ejercicio y la modificación del entrenamiento.

Palabras clave: Equino Fina Sangre de Carrera; Enfermedad Metacarpiana Dorsal en equinos; Síndrome cañeras; fractura cortical dorsal en equinos; Osteotomía en equinos; Fijación con tornillo en equinos; Bisfosfonatos en equinos; Ondas de choque extracorpóreas en equinos.

ABSTRACT

Dorsal Cortical Fracture (DCF) is part of Dorsal Metacarpal Disease and is a common problem in Thoroughbred Racing horses (TRH) that are starting their racing training. Despite its importance in turf, there are still discussions regarding its etiopathogenesis and the best treatment to address it. For this reason, in this monograph the objective was to carry out an update of the etiopathogenesis of DCF and its therapeutic alternatives, and the latter were compared to determine the one that is currently the most recommended to treat this pathology.

Probably the main etiological factor of DCF is training, but there are other factors that can also contribute to its development, such as those related to the horse, characteristics of the bone and the track, management in the breeding centre, preparation for the sale of foals, pre-training, and the speed at which these specimens run. There is consensus that the type of exercise to which the TRH is subjected results in high tensions in the dorsal cortical bone of the third metacarpal (McIII), which, added to the fact that this bone is less rigid in young horses, generates the conditions for develop microdamage that progresses to microfractures. In response to this, bone modeling is generated, particularly on the dorsomedial cortex, through the apposition of periosteal bone. On the one hand, this generates dorsal metacarpal periostitis and, on the other hand, it favors the accumulation of microdamage and microfractures in the dorsolateral cortex, generating a weakening of the latter. Because bone remodeling rates are reduced under high-velocity exercise conditions, the bone repair response does not occur adequately, allowing microfractures to propagate and fuse, giving rise to DCF, which, if is not controlled, predisposes to catastrophic fracture of McIII.

The goal of DCF treatment is to return the equine to exercise as quickly as possible, which is why conservative treatment is not the best option. In response to this, surgical treatments arose, but it seems that the recovery time is also often extensive. The use of alternative treatments, such as extracorporeal shock waves and bisphosphonates, has been proposed, but their use in young TRH horses is discussed in terms of their effect and safety. Based on the GRADE assessment, the recommendation for surgical treatments is strong for DCF treatment, and for alternative treatments is strong for investigational use. When comparing

therapeutic options and based on existing information, currently the best treatment to address DCF is Osteostixis. However, to achieve better results it is necessary to give greater importance to the post-treatment exercise protocol.

Understanding the etiopathogenesis and potential complications of DCF and its treatments, the question arises as to whether it is better to aim at preventing this pathology, so it is suggested to investigate preventive aspects, such as early initiation of exercise and training modification.

Key words: Thoroughbred Racing horse; Equine Dorsal Metacarpal Disease; Bucked shins; Equine dorsal cortical fracture; Equine osteostixis; Equine screw fixation; Equine bisphosphonates; Equine extracorporeal shockwave.

INTRODUCCIÓN

El sistema musculoesquelético del equino está altamente desarrollado y especializado, permitiéndole recorrer grandes distancias en busca de alimento y alcanzar altas velocidades (más de 15 metros por segundo), desde una edad muy temprana para evadir a los depredadores. De hecho, el equino Fina Sangre de Carrera (FSC), es capaz de galopar a las horas de nacido y, cuando está en entrenamiento, puede mantener velocidades de 56 a 64 km/h en distancias hasta 1,6 km. La crianza intensiva y selección genética ha incrementado el tamaño y la velocidad de los equinos domésticos, pero el costo evolutivo ha sido una reducción del tamaño y peso de los miembros. Estas adaptaciones han provocado vulnerabilidades de los miembros, en particular, ha llevado a una reducción en los límites de seguridad mecánicos de los tejidos conectivos musculoesqueléticos y en la habilidad del tercer metacarpiano (McIII), para adaptarse rápidamente a los cambios del tipo de suelo, lo que explica, en parte, la alta frecuencia de lesiones en miembros distales (Patterson-Kane y Firth, 2014; Couch y Nielsen, 2017).

El McIII forma una parte integral del sistema de amortiguación y soporte de peso de la extremidad anterior distal. El entrenamiento y las carreras inducen un incremento en el grosor de la diáfisis de este hueso, para soportar la tensión y reducir las lesiones. Sin embargo, si se introducen ejercicios cíclicos repetitivos de alta velocidad antes de que el hueso esté correctamente adaptado, puede ocurrir daño en forma de microfracturas, como es el caso de la Enfermedad Metacarpiana Dorsal (EMD). Dicha enfermedad, se compone de la periostitis metacarpiana dorsal y de la fractura cortical dorsal por estrés del McIII, y corresponde a un problema común en equinos FSC jóvenes en entrenamiento de carrera temprano. Aquellos equinos que desarrollan la periostitis metacarpiana dorsal en forma clínica, tienen el riesgo de sufrir fracturas corticales dorsales por estrés (Bassage, 2014; Couch y Nielsen, 2017).

Hay que tener en cuenta que las lesiones musculoesqueléticas siguen siendo un problema global para la producción hípica, lo que conlleva importantes consecuencias éticas, de bienestar animal y económicas. Las claudicaciones corresponden a la principal causa de pérdidas de equinos FSC en el entrenamiento de carreras, como también de días de entrenamiento perdidos o afectados. En el caso particular de la EMD, en las últimas dos a

tres décadas se han realizado investigaciones extensivas acerca de la etiopatogénesis de esta enfermedad, incluyendo el rol del protocolo de entrenamiento, la superficie de la pista y las técnicas de herraje, lo que ha permitido una mejor comprensión del síndrome y cómo prevenirlo; sin embargo, a pesar de los avances, la periostitis dorsal metacarpiana y las fracturas corticales dorsales por estrés, siguen siendo importantes problemas en la producción hípica (Bassage, 2014; O'Sullivan y Lumsden, 2014; Patterson-Kane y Firth, 2014).

En general, los equinos de carreras son más susceptibles a sufrir fracturas por fatiga o estrés que otros mamíferos, ya que el hueso del equino produce tensiones máximas más altas. La mayoría de las fracturas por estrés en McIII en equinos FSC, ocurren en el aspecto dorsolateral de uno de los miembros anteriores, aunque en algunos casos se puede presentar de forma bilateral, algunos meses posterior a los signos iniciales de periostitis metacarpiana dorsal y puede ser una lesión potencialmente mortal si un equino corre o ejercita a gran velocidad; incluso se ha establecido que un 12% de las fracturas catastróficas del McIII ocurren en sitios de episodios previos de EMD (Ruggles, 2011; Couch y Nielsen, 2017).

Dado que aún existen aspectos no esclarecidos, sobre la etiopatogenia de las fracturas corticales dorsales por estrés consecuentes a la periostitis metacarpiana dorsal y que no hay un consenso, en relación a la mejor medida terapéutica que permita lograr el menor periodo de reposo post tratamiento y con el menor riesgo de recidiva de la lesión, se hace necesario realizar una actualización de la etiopatogenia de este tipo de lesión y una revisión de las alternativas terapéuticas existentes, quirúrgicas y no quirúrgicas, para posteriormente compararlas, con el fin de dilucidar la que presenta mayor eficiencia y seguridad para el ejemplar, especialmente considerando que esta patología tiene una alta prevalencia en ejemplares de carrera en los primeros dos a tres años de vida, y que es responsable a su vez de grandes pérdidas económicas en el ambiente del *turf*.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los huesos son un tipo de tejido, cuyas funciones involucran la locomoción, el soporte y protección de tejidos blandos, el almacenamiento de minerales, y la contención de la médula ósea. Los huesos largos, como el McIII, componen la mayoría del esqueleto apendicular. La longitud de estos huesos en el equino es una ventaja mecánica ya que contribuye a una mayor fuerza y velocidad. Los forman la diáfisis, epífisis, metáfisis y fisis, y se componen de hueso cortical periférico y una médula central que contiene la médula ósea y hueso esponjoso. Por fuera del hueso cortical se encuentra el periostio (fina capa de células osteogénicas y fibroblásticas dentro de una red nerviosa y microvascular bien desarrollada) (Patterson-Kane y Firth, 2014; López, 2019).

Las propiedades mecánicas del hueso están determinadas por el tamaño, la forma, la estructura interna y su composición. La forma básica de la mayoría de los huesos está controlada genéticamente, pero se van generando cambios dinámicos consecuentes a las cargas mecánicas impuestas sobre el esqueleto. Para alcanzar una geometría ósea apropiada, se genera la modelación ósea (proceso de resorción y formación de hueso para desarrollar una arquitectura normal en individuos en crecimiento, y que genera cambios tridimensionales en los huesos del adulto) y remodelación ósea (proceso dinámico que se produce durante toda la vida donde hay resorción y formación de hueso en un mismo sitio). Esto resulta en una continua reestructuración de huesos durante el crecimiento, en respuesta a las demandas funcionales cambiantes y posteriores a una lesión. Estos procesos incluyen tres tipos de células: osteoblastos (producen los constituyentes de la matriz ósea, crucial para la estructura y función del hueso), osteoclastos (permiten la resorción ósea, más rápido que la formación de hueso por parte de los osteoblastos) y osteocitos (receptores de tensión y comunicantes con otros osteocitos o células cercanas a la superficie ósea a través de una red de procesos celulares que se ejecutan a través de los canalículos en la matriz ósea) (Patterson-Kane y Firth, 2014; López, 2019; Logan y Nielsen, 2021).

El desarrollo esquelético de equinos jóvenes se incrementa rápidamente después del nacimiento y la mayoría del peso del equino es soportado por el McIII. A los seis meses se duplica el peso del nacimiento en potrillos FSC, a los 12 meses ha alcanzado el 90% de su altura y el 66% de su peso corporal, y para los cuatro años se ha completado el crecimiento.

Los huesos de los equinos responden mejor a los estímulos hasta los dos años de vida, por lo que, exponer la estructura esquelética influenciada de equinos jóvenes a cargas dinámicas durante el desarrollo podría optimizar la maduración del esqueleto, disminuyendo la probabilidad de sufrir lesiones musculoesqueléticas. Sin embargo, equinos jóvenes en entrenamiento de carreras temprano, tienen una alta incidencia de EMD comparada con ejemplares mayores de la misma disciplina. Esto se explica porque, durante los primeros meses de entrenamiento, el esqueleto del equino joven se ha acostumbrado a sesiones de ejercicio largas y lentas, por lo que no está preparado para ejercicios a altas velocidades, ni a la estabulación, que normalmente ocurre una vez que el entrenamiento comienza, lo que lleva a pérdida ósea. Por lo tanto, no es sorprendente que la instauración de la EMD es más frecuente cuando se le incluye velocidad al protocolo de entrenamiento. Este grupo de equinos jóvenes no incluye únicamente ejemplares de dos años, ya que los equinos FSC, independiente de su verdadera edad, son alineados en lo que se conoce como edad hípica (todos los ejemplares cumplen años el primero de Julio), lo que obliga a competir a animales con incluso seis meses cronológicos de diferencia con respecto a otros. Esto implica que animales más jóvenes son sometidos al mismo tipo de entrenamiento teniendo un esqueleto aún más inmaduro, por lo tanto, son más susceptibles de sufrir de EMD (Logan y Nielsen, 2021).

Enfermedad metacarpiana dorsal

Las condiciones de falla ósea por fatiga e insuficiencia de la modelación y remodelación ósea del McIII en los equinos FSC, son parte de la patología conocida como EMD, que se compone de la periostitis metacarpiana dorsal (PMD) y fractura cortical dorsal (FCD). Este es un problema extremadamente común en equinos FSC jóvenes que son sometidos a un entrenamiento temprano mientras su esqueleto aún es inmaduro y continúa en fase de crecimiento. Existen discusiones respecto a la patogénesis de esta enfermedad, pero la sugerencia más reciente es que existe una disminución de la masa ósea, asociada con una falta de ejercicio de alta velocidad que acompaña la estabulación de los equinos, llevando a una menor fuerza del hueso, lo que precipita a la EMD cuando se introducen los ejercicios de alta velocidad en el programa de entrenamiento (Nunamaker, 2011; Bassage, 2014; Couch y Nielsen, 2017).

La incidencia real de esta patología no está exactamente determinada y podría variar geográficamente; sin embargo, los reportes señalan rangos entre 30% y 90%. La PMD puede ser asintomática en estados tempranos, pero en general hay aparición de sensibilidad o dolor abrupto en la zona dorsal de uno o ambos McIII, posterior a un ejercicio de alta velocidad o primera carrera, o al día siguiente, con o sin claudicación asociada. En algunos casos la aparición de estos signos clínicos puede ser más gradual, con una exacerbación marcada luego de la primera carrera o de entrenamientos a alta velocidad prolongados. Si el entrenamiento continúa, la claudicación normalmente empeora considerablemente. Estos signos clínicos son cardinales de PMD temprana, permitiendo que el diagnóstico sea generalmente sencillo. En el examen clínico, la palpación del McIII puede revelar calor, inflamación sobre la zona dorsal/dorsomedial del hueso y dolor. La confirmación del diagnóstico se apoya en exámenes complementarios como analgesia diagnóstica, radiografía, cintigrafía nuclear, tomografía computarizada, resonancia magnética y termografía. Una vez diagnosticado, las metas terapéuticas son disminuir o eliminar el estrés cíclico excesivo sobre el McIII, desplazar el balance de la resorción ósea neta hacia la aposición ósea neta, y reducir la inflamación aguda. Para esto, la terapia generalmente se basa en restricción del ejercicio, terapia antiinflamatoria local y sistémica, y modificación del protocolo de entrenamiento (Nunamaker, 2011; Bassage, 2014; Couch y Nielsen, 2017).

El pronóstico para la gran mayoría de equinos con PMD generalmente es favorable si se realiza una intervención adecuada. Sin embargo, los ejemplares que han sufrido de esta patología en forma clínica entre los dos y tres años de vida se encuentran en alto riesgo de sufrir fracturas corticales por estrés (Bassage, 2014).

Fractura cortical dorsal de metacarpo III

La FCD de McIII generalmente se observa seis a doce meses después de que el equino desarrolló PMD clínica y típicamente exhiben una claudicación moderada a severa, grado 3-4/5 en la escala AAEP (American Association of Equine Practitioners) o incluso al paso, inmediatamente posterior a un ejercicio de alta velocidad o carrera. De forma menos común, la claudicación puede no ser evidente tras varias horas después de que el equino haya reposado. Algunos equinos tienen antecedentes de claudicación de bajo grado, crónica o intermitente, en la extremidad afectada por varias semanas antes del cuadro agudo.

También se pueden desarrollar los signos de fractura aguda al reanudar el entrenamiento tras un breve periodo de reposo. En el examen físico, clásicamente se encontrará un área focal de tejidos blandos inflamados a lo largo del aspecto dorsal del metacarpo en el sitio de fractura, irregularidad ósea (inflamación dura o exostosis) a lo largo de la diáfisis dorsal/dorsolateral del McIII, que al presionar firmemente generará una respuesta dolorosa. Aquellos equinos que tengan múltiples fracturas pueden desarrollar signos más sugerentes de PMD (dolor difuso e inflamación sobre la diáfisis). En general estas fracturas son unilaterales, aunque de forma poco frecuente pueden ser bilaterales. Para la confirmación del diagnóstico se realizan exámenes complementarios como cintigrafía y radiografía del McIII. Los objetivos terapéuticos son promover la recuperación de la fractura y minimizar el potencial para una fractura catastrófica. En general, las opciones de tratamiento incluyen manejo conservador (ejercicio controlado) o quirúrgico (colocación de tornillo en la corteza dorsal, Osteotomía o una combinación de ambas); sin embargo, las tasas de éxito son variables y el tiempo para que estos equinos vuelvan a correr generalmente superan los ocho meses, lo que resulta en pérdidas significativas para los propietarios y preparadores. Frente a esto, en los últimos años han surgido nuevas alternativas como las ondas de choque extracorpóreas y el uso de bisfosfonatos para este tipo de patología (Ruggles, 2011; Carpenter, 2012; Bassage, 2014).

Las fracturas son la principal causa de pérdidas de equinos en el *turf* y el 78% de las fracturas no traumáticas en equinos FSC jóvenes ocurren durante el entrenamiento. Un número significativo de estas fracturas deberían clasificarse como fracturas por estrés. Aproximadamente el 10% de las injurias catastróficas que involucran el esqueleto de los equinos FSC son fracturas completas del McIII, las cuales son secuelas directas de FCD de este hueso (Nunamaker, 2011; Bassage, 2014; Patterson-Kane y Firth, 2014). Teniendo en cuenta entonces la importancia de la FCD en la producción hípica, en esta Memoria de Título se realizará una actualización de la etiopatogenia de la FCD y un análisis crítico de sus alternativas terapéuticas. Lo anterior permitirá generar un material teórico que permita comprender de mejor forma esta patología y establecer las diferencias que conlleva cada tratamiento, para poder discernir entre estos, al momento de enfrentar un caso clínico de FCD en base a aspectos técnicos, éticos y económicos que conlleva cada alternativa.

OBJETIVO GENERAL

Actualizar los conocimientos sobre la etiopatogenia de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano y sus alternativas terapéuticas en el equino Fina Sangre de Carrera.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir la etiopatogenia de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano en equinos Fina Sangre de Carrera.
2. Describir las alternativas terapéuticas de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano en equinos Fina Sangre de Carrera.
3. Comparar las alternativas terapéuticas de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano en equinos Fina Sangre de Carrera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivo específico 1: Actualizar el concepto de etiopatogenia de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano en equinos Fina Sangre de Carrera.

Para realizar la actualización de la etiopatogenia de esta patología, se realizó una revisión de la bibliografía obtenida a partir de bases de datos a las cuales se encuentra adscrita la Universidad de Chile y de páginas especializadas en la medicina equina. Para la recopilación de información se utilizaron las siguientes palabras claves en español e inglés:

- Enfermedad metacarpiana dorsal en equinos / *equine dorsal metacarpal disease*
- Síndrome cañeras / *Bucked shins*
- Fractura cortical dorsal en equinos / *equine dorsal cortical fracture*
- Fractura por estrés en equinos / *equine stress fracture*
- Metacarpo equino / *equine metacarpus*
- *Fractures of third metacarpal bone in Thoroughbred horses*

La selección y el filtro de los artículos se realizó en primer lugar en base al año de publicación, donde se aceptaron sólo aquellos publicados a partir del año 2010. En segundo lugar, se utilizaron los criterios propuestos en el diagrama de flujo del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), sugerido por Page *et al.* (2021), para nuevas revisiones sistemáticas que incluyen la búsqueda en bases de datos, registros y otras fuentes, para acotar el número de artículos a incluir para realizar este objetivo específico (Figura 1).

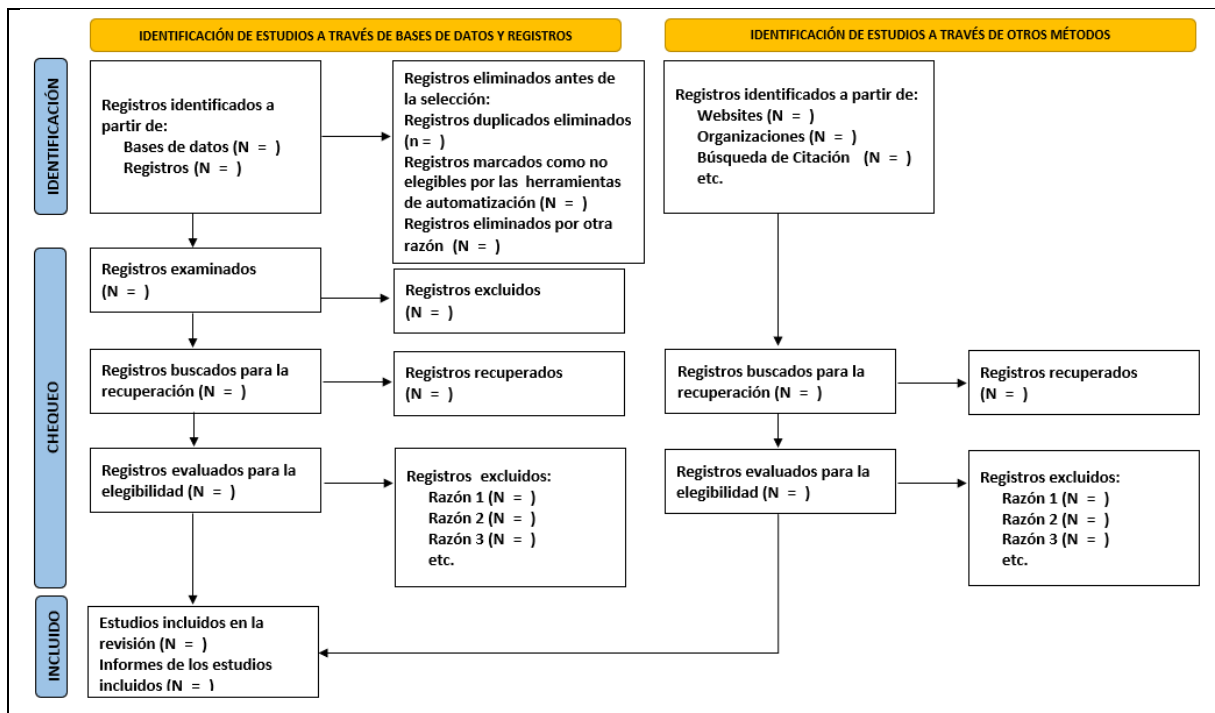


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA 2020 para nuevas revisiones sistemáticas que incluyan búsquedas en bases de datos, registros y otras fuentes. Obtenido de Page et al., 2021.

Objetivo específico 2: Describir las alternativas terapéuticas de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano en equinos Fina Sangre de Carrera.

Para realizar la descripción de las alternativas terapéuticas de esta patología, se realizó una recopilación de bibliografía en bases de datos a las cuales se encuentra adscrita la Universidad de Chile y de páginas especializadas en la medicina equina. Para esto se utilizaron las siguientes palabras claves en español e inglés:

- Fractura cortical dorsal en equinos / *equine dorsal cortical fracture*
- Fractura por estrés en equinos de carrera / *racehorse stress fracture*
- Tratamiento de fracturas en equinos / *equine fracture treatment*
- Osteostixis en equinos / *equine osteostixis*
- Fijación de tornillo en equinos / *equine screw fixation*

- Ondas de choque en equinos / *equine shockwave*
- Bisfosfonatos en equinos / *equine bisphosphonates*

El primer filtro para aplicar para la selección de los artículos a revisar fue en base a la fecha de publicación, donde se aceptaron aquellos que habían sido publicados en los últimos 10 años. En el caso de que se requiso información para realizar la Memoria de Título que no contaba con suficientes publicaciones que cumpliera con este criterio de actualización, se aceptaron artículos con información relevante que tuviese más años de antigüedad que los 10 años seleccionados como límite.

Posteriormente se realizó una sistematización de búsqueda de evidencia, para lo cual se utilizaron los criterios propuestos en el diagrama de flujo del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) sugerido por Page *et al.* (2021), para nuevas revisiones sistemáticas que incluyen la búsqueda en bases de datos, registros y otras fuentes. Una vez que se tuvieron seleccionados los artículos elegibles para la revisión bibliográfica, se realizó una breve descripción de cada alternativa terapéutica y se le otorgó valor a la evidencia obtenida a través del sistema de clasificación de calidad de evidencia y fuerza de recomendación GRADE (The Grading of Recommendations Assessment Development and Evaluation) sugerida por Monterola *et al.*, (2014), el cual le da un valor a la evidencia para un resultado particular a partir de varios estudios primarios (Tabla 1).

Tabla 1: GRADE modificado.

Grado de recomendación. Descripción.	Beneficio vs. Riesgo y cargas	Calidad metodológica que apoya la evidencia	Implicancias
1A. Recomendación fuerte, evidencia de alta calidad	Los beneficios superan claramente los riesgos y cargas, o viceversa.	EC sin importantes limitaciones o evidencia abrumadora de estudios observacionales.	Recomendación fuerte, puede aplicarse a la mayoría de los pacientes en la mayoría de circunstancias, sin reserva.
1B. Recomendación fuerte, evidencia de moderada calidad	Los beneficios superan claramente los riesgos y cargas, o viceversa.	EC con importantes limitaciones (resultados inconsistentes, defectos metodológicos, indirectos o imprecisos) o pruebas excepcionalmente fuertes a partir de estudios observacionales.	Recomendación fuerte, puede aplicarse a la mayoría de los pacientes en la mayoría de circunstancias, sin reserva
1C. Recomendación fuerte, evidencia de baja o muy baja calidad	Los beneficios superan claramente los riesgos y cargas, o viceversa.	Estudios observacionales o series de casos.	Recomendación fuerte, pero puede cambiar cuando se disponga de mayor evidencia de calidad.
2A. Recomendación débil, evidencia de alta calidad	Beneficios estrechamente equilibrados con los riesgos y la carga.	EC sin importantes limitaciones o evidencia abrumadora de estudios observacionales.	Recomendación débil, la mejor acción puede variar dependiendo de las circunstancias de los pacientes o de los valores de la sociedad.
2B. Recomendación débil, evidencia de moderada calidad	Beneficios estrechamente equilibrados con los riesgos y la carga.	EC con importantes limitaciones (resultados inconsistentes, defectos metodológicos, indirectos o imprecisos) o pruebas excepcionalmente fuertes a partir de estudios observacionales.	Recomendación débil, la mejor acción puede variar dependiendo de las circunstancias de los pacientes o de los valores de la sociedad.
2C. Recomendación débil, evidencia de baja o muy baja calidad	Incertidumbre en las estimaciones de beneficios, riesgos y cargas; los beneficios, riesgos, y la carga puede estar estrechamente equilibrado.	Estudios observacionales o series de casos.	Recomendaciones muy débiles, otras alternativas pueden ser igualmente razonables.

(Obtenido de Monterola *et al.*, 2014).

Objetivo específico 3: Comparar las alternativas terapéuticas de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano en equinos Fina Sangre de Carrera.

Para realizar la comparación de las alternativas terapéuticas de esta patología, se realizó una tabla que incluyó en las columnas los siguientes aspectos: Tipo de tratamiento, Objetivos del tratamiento, Tiempo de reposo, Porcentaje de éxito, Posibilidad de recidiva, Número de estudios actualizados realizados, Rango de clasificación GRADE sugerida por Monterola *et al.*, 2014.

RESULTADOS

Actualización del concepto de etiopatogenia de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiano en equinos Fina Sangre de Carrera.

Proceso de selección de registros

Las fuentes utilizadas para la búsqueda de referencias bibliográficas correspondieron a ocho bases de datos a las cuales se encuentra adscrita la Universidad de Chile y dos páginas web relacionadas con la medicina equina, las que se encuentran detalladas en la Tabla 2. Con esta primera etapa de selección, donde se utilizaron palabras claves atinentes y se filtraron los resultados según el año de publicación, se obtuvo un total de 627 registros publicados entre el año 2010 y 2021.

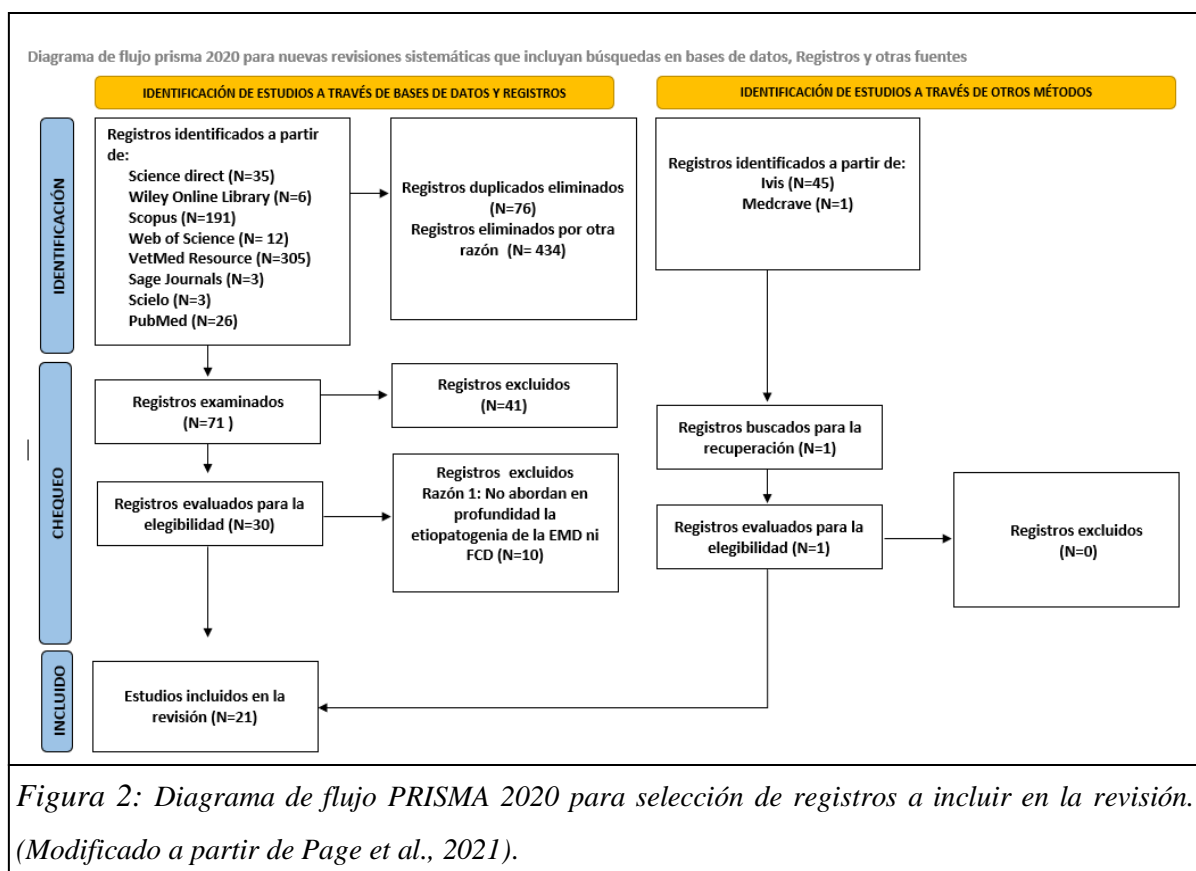
Tabla 2: Fuentes de información utilizadas para la búsqueda de referencias bibliográficas.

BASES DE DATOS	PÁGINAS WEB
<ul style="list-style-type: none">• Science direct• Wiley Online Library• Scopus• Web of Science• VetMed Resource• Sage Journals• Scielo• PubMed	<ul style="list-style-type: none">• Ivis• Medcrave

(Elaboración propia).

Posteriormente se realizó el segundo proceso de selección de registros en base a los criterios del Diagrama de Flujo del Método PRISMA 2020 propuesto por Page *et al.* (2021). En la fase de identificación se determinó el número de resultados obtenidos con la búsqueda avanzada de bibliografía para cada una de las fuentes de información y se eliminaron aquellos registros duplicados o cuyos títulos de publicación no tuvieran relación con la EMD, PMD y/o FCD del McIII en equinos FSC. En el caso de los registros

obtenidos a partir de bases de datos, 71 pasaron a la fase de chequeo. Se revisó el resumen de cada registro, eliminándose aquellos que no tuvieran información relacionada con la etiopatogenia de la FCD, y a partir de esto, 30 registros fueron evaluados para la elegibilidad. Por otro lado, de los 46 registros obtenidos a partir de páginas web, solo uno fue recuperado en la fase de chequeo y evaluado para la elegibilidad. Finalmente, la elegibilidad de cada registro se determinó en base a la lectura de cada uno de estos, lo que permitió acotar los registros a incluir en la revisión a un total de 21 registros. Dicho proceso se encuentra resumido en la Figura 2.



Los tipos de registros seleccionados correspondieron a 13 artículos de revistas científicas, seis capítulos de libros y dos artículos de conferencias, los que se encuentran resumidos en la Tabla 3.

Tabla 3: Tipos de registros seleccionados para incluir en la revisión.

REVISTAS CIENTÍFICAS	LIBROS	CONFERENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> ○ Animals (N=1) ○ Animal Production Science (N=1) ○ Bone (N=1) ○ Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science (N=1) ○ Equine Veterinary Journal (N=5) ○ Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research (N=1) ○ Journal of Musculoskeletal Research (N=1) ○ Journal of Veterinary Diagnostic Investigation (N=1) ○ The Anatomical Record (N=1) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Adams and Stashak's Lameness in Horses 7nd Ed (N=1) ○ Diagnosis and Management of Lameness in the Horse 2nd Ed (N=1) ○ Equine Fracture Repair 2nd Ed. (N=2). ○ Equine Medicine, Surgery and Reproduction 2nd Ed (N=1) ○ Robinson's Current Therapy in Equine Medicine 7nd Ed (N=1) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ NAVC Conference (N=1) ○ 32nd Bain Fallon Memorial Lectures: Reproduction, surgery, critical care, lameness (N=1)

(Elaboración propia)

Etiopatogenia de la FCD del McIII en equinos FSC

1. Etiología de la FCD del McIII en equinos FSC

En los últimos 10 años se han estudiado y asociado numerosos factores que contribuyen al desarrollo de la EMD y, por lo tanto, de FCD en equinos FSC, durante las carreras y el entrenamiento (Mackinnon *et al.*, 2015). Dichos factores se comentan a continuación:

Factores relacionados al equino: la EMD es una patología predominante en equinos FSC, sin embargo, también se ha descrito en otras razas como Cuarto de Milla y Standarbreds. Se

reportan casos en equinos FSC entre los ocho meses y tres años de vida; sin embargo, generalmente afecta a ejemplares de dos años en su primer año de entrenamiento. Aunque el área de sección transversal y el grosor cortical del McIII aumenta con la edad, los equinos jóvenes son más susceptibles a la fatiga de este hueso, lo que se puede explicar en parte porque el hueso primario es más fuerte que el hueso remodelado, por lo que este último puede conducir a propiedades mecánicas inferiores en el esqueleto de equinos jóvenes, y porque el principal movimiento de inercia mínimo es menor en equinos FSC más jóvenes, lo que conlleva tensiones máximas mayores durante ejercicios a alta velocidad en comparación con ejemplares más viejos. Por otro lado, el McIII de los equinos entre uno a dos años de edad es más poroso, tiene menos osteonas secundarias completas y una menor proporción de fibras de colágeno orientadas circunferencialmente en comparación con caballos más viejos, lo que determina que esta estructura sea más susceptible a microdaño por estrés resultante del entrenamiento. En cuanto al sexo, la osificación ocurre antes en potrancas que, en potrillos, lo que puede afectar la fuerza y madurez ósea (Nunamaker, 2011; Couch y Nielsen, 2017; Ortued y Bertone, 2020).

Características del hueso: Se ha encontrado una relación entre las tensiones máximas y la geometría del hueso en el McIII de equinos FSC jóvenes. Cuanto más largo sea el McIII, mayor es la carga de flexión y el hueso se adapta incrementando el espesor de la corteza dorsal (Moreira *et al.*, 2012; Couch y Nielsen, 2017). McCormack *et al.*, (2012) concluyó que los parámetros mecánicos y de daño en hueso cortical de equinos FSC dependen en gran medida de la mineralización en los sitios donde se produce y se propaga la fractura. Durante los primeros dos años de vida se genera un aumento en el contenido mineral del McIII, lo que se relaciona con un mayor depósito de hueso cortical, y esto puede contribuir a mayores tensiones en la diáfisis y mayor frecuencia de EMD en equinos FSC jóvenes (Selim *et al.*, 2012; Goldstein *et al.*, 2020).

Características de la pista de carrera: Los materiales utilizados en las pistas de carreras y entrenamiento afectan las tasas de aceleración del impacto de los cascos y las fuerzas de reacción del suelo, donde ambas aumentan con la velocidad, pudiendo ser de material sintético, de pasto o de tierra, siendo la primera la que genera una menor aceleración del

casco y de la fuerza de reacción del suelo. Stover (2015) afirma que existe un mayor riesgo de daño óseo en superficies de pistas de carreras más duras, mientras que Nunamaker (2011) establece que la remodelación es más rápida en equinos FSC entrenados en este tipo de superficie. Por lo tanto, se discute si este aspecto tiene relación con la probabilidad de desarrollo de EMD, ya que hay ciertas limitantes en los estudios que han relacionado la aparición de EMD e incluso hay otros que no han encontrado efectos del tipo de pista respecto a la incidencia de esta patología. Otras características de la pista, como las curvas, pueden alterar la marcha y aumentar la tensión; sin embargo, se desconoce cómo esto y otras variables de la pista afectan la adaptación ósea del McIII o la incidencia de FCD, siendo un aspecto de discusión entre diferentes estudios. Por otro lado, la dirección de la pista varía a nivel mundial y si bien hay estudios que han asociado el sentido de la pista con la extremidad afectada o con mayor compromiso, hay otros donde no se ha encontrado asociación (Couch y Nielsen, 2017).

Manejo en criadero y preparación de la venta de potrillos: El ejercicio es esencial para mantener la fuerza ósea y aumentar la masa ósea. Permitir que los potrillos se ejerciten libremente con sus madres debe ser adecuado para asegurar el desarrollo óseo normal. La cantidad de ejercicio que recibe un potrillo FSC durante los primeros años de vida depende de muchos factores y mientras se encuentre en el criadero es raro que sea sometido a ejercicio forzado. Se han reportado una mayor densidad mineral ósea y área de sección transversal en potrillos mantenidos en pasturas o en entrenamiento versus aquellos mantenidos en estabulación; y mayor tamaño cortical y densidad mineral ósea en potrillos ejercitados en comparación con potrillos estabulados o mantenidos en corrales pequeños. Asociado a esto, es importante la carga de ejercicio en relación con la ventana sensible o receptiva para los diferentes tejidos del sistema músculo esquelético, que en el caso de los huesos son capaces de responder hasta bien entrada la madurez. Por otro lado, no es inusual que tres a cuatro meses antes de la venta los potrillos sean confinados y durante este tiempo generalmente se caminan a la mano o se liberan por periodos cortos; este manejo podría asociarse con pérdida de densidad mineral ósea (Couch y Nielsen, 2017; Rogers *et al.*, 2020).

Pre-entrenamiento: En los primeros días de este periodo, normalmente el equino no trabaja rápido y pasa largos periodos estabulado, donde la tensión se reduce debido a la falta de ejercicio libre. Parece ser que el aumento del tiempo asociado a caminatas de estos ejemplares (a la mano o en caminadores) genera un cambio óseo positivo, reduciendo la incidencia de EMD y, por lo tanto, de FCD (Couch y Nielsen, 2017).

Entrenamiento: el McIII de un equino FSC joven se adapta de diferentes formas según el tipo de entrenamiento; sin embargo, se desconoce cuánto tiempo tarda el hueso en responder a diferentes protocolos. Se han observado tensiones más elevadas en la superficie dorsal del McIII en potrillos de un año y reabsorción de minerales óseos en los primeros 50 a 60 días de entrenamiento. Autores afirman que se debe evitar el trabajo rápido en las primeras etapas del entrenamiento ya que aumentaría la incidencia de EMD; sin embargo, otros autores indican que trabajos cortos de entrenamiento de alta intensidad, introducido lentamente, conduce a un cambio adaptativo más controlado y una reducción del riesgo de microfractura, por lo tanto, el uso regular de ejercicios cortos a alta velocidad disminuiría la incidencia de EMD (Couch y Nielsen, 2017). Goldstein *et al.*, (2020) asegura que los protocolos de entrenamiento que incorporan una alta frecuencia de ejercicios a alta velocidad, aumenta la resistencia a la flexión en el plano anteroposterior de la diáfisis del McIII en equinos FSC, siendo la superficie anterior la que recibe la máxima tensión, y esto se va incrementando con la edad y con el entrenamiento, lo que explicaría por qué las tensiones son mayores en equinos FSC de dos años en comparación con equinos más viejos, y por qué la EMD es más común en equinos más jóvenes.

Velocidad del equino: El miembro anterior experimenta la carga más alta al entrar en la etapa de suspensión de un galope y el engrosamiento del hueso cortical dorsomedial ocurre como respuesta al ejercicio de alta velocidad. El ejercicio a baja velocidad produce tensiones de tracción, mientras que el ejercicio a alta velocidad produce tensiones compresivas en la corteza dorsal del McIII. Existe discusión respecto a si la velocidad se asocia con el desarrollo de patologías musculoesqueléticas, como la EMD, ya que hay autores, como Stover (2015), que asocian la alta velocidad con un mayor daño óseo,

mientras que otros establecen que disminuye o que no cambia la incidencia de esta patología (Couch y Nielsen, 2017; Ortued y Bertone, 2020; Crawford *et al.*, 2021).

2. Patogenia de la FCD del McIII en equinos FSC

El entrenamiento y las carreras en el equino FSC resulta en cargas repetitivas, y las tensiones que se generan a partir de estas pueden ser especialmente altas en sitios específicos de huesos en las extremidades debido a una concentración de estrés creada por una remodelación intracortical local intensa, que es una respuesta biológica para reparar hueso dañado, pero es significativamente más activo en equinos que se encuentran en reposo comparado con aquellos que están en su trabajo regular. Por esta razón, los equinos que están empezando o retomando su entrenamiento, tienen huesos con mayor riesgo de sufrir lesiones por fatiga y, por lo tanto, mayor predisposición a fracturas por estrés. El McIII es menos rígido en equinos jóvenes, por lo que se generan tensiones más altas en su corteza dorsal durante ejercicios a alta velocidad, y se describe una pérdida de masa ósea asociada a la estabulación y una reabsorción de minerales óseos que ocurre en los primeros 50 a 60 días de entrenamiento, lo que en conjunto contribuye al desarrollo de fatigas cíclicas del hueso. Cada ciclo de carga libera una pequeña cantidad de energía de tensión, la que se puede perder a través de microfracturas y generar posteriormente la fractura por estrés. Por lo tanto, las fracturas por estrés corresponden a fracturas incompletas consecuentes a cargas repetitivas en el hueso, causando daño importante que se concentra en pequeñas zonas de mayor estrés óseo por cargas transmitidas desde el suelo y desde las fuerzas de los tejidos blandos durante el galope a alta velocidad, lo que genera una falla en la integridad del hueso cortical. La cantidad de daño que ocurre está directamente relacionada con el índice de adquisición de daño (asociado a la magnitud, cantidad y frecuencia de ciclos de carga) y el índice de reparación ósea (asociado a la remodelación ósea) (Lumsden, 2010; Stover, 2015; Couch y Nielsen, 2017; Johnston *et al.*, 2020; Markel, 2020; Ortued y Bertone, 2020).

La diáfisis media del McIII responde dinámicamente a las cargas, y la magnitud y naturaleza de esta respuesta varía con la intensidad de la marcha. La EMD representa un

problema en el protocolo de entrenamiento, donde el incremento en la cantidad de ejercicio a alta velocidad impedirá una remodelación apropiada del hueso e incrementará el riesgo de desarrollar esta patología, ya que cargas muy grandes y/o tiempo de recuperación insuficiente resultan en sobrecarga y pérdida de funcionalidad. Durante ejercicios de alta velocidad, la corteza dorsal del McIII sufre mayor daño por compresión que el resto de la corteza, y esto constituye fatigas cíclicas de alta tensión, las cuales causan una disminución de la rigidez del hueso. La respuesta frente a esto es incrementar sus propiedades de inercia con el fin de resistir la flexión en la dirección dorsopalmar, lo que se realiza a través de la modelación ósea, primero mediante la aposición rápida de hueso reticular en la superficie periosteal dorsal y dorsomedial del McIII, y posteriormente utilizando hueso de tipo periosteal. Este último se puede formar mucho más rápido que el hueso reticular, por lo que, si disminuye la rigidez del hueso lo suficientemente rápido, se cambia de la formación de hueso reticular a hueso de tipo periosteal, que es lo que se reconoce como “patológico” o PMD. Mientras más ciclos de carga reciba el McIII, mayor será la pérdida de rigidez y la formación consecuente de hueso periosteal. En este proceso de rápida formación de hueso, por un lado, el periostio se eleva e inflama, lo que lleva a los signos clínicos característicos de la PMD y, por otro lado, cambian las propiedades geométricas del hueso, resultando en acumulación de estrés en la corteza dorsal y dorsolateral que fue mínimamente modelada y remodelada previamente. Esto último, sumado a que las tasas de remodelación ósea están reducidas en condiciones de cargas cíclicas repetitivas de ejercicio a alta velocidad, causan debilidad de la corteza dorsal y dorsolateral y, por lo tanto, cuando el ejercicio supere el límite de estrés del hueso y provea una magnitud de carga (velocidad y marcha) y número de ciclos (trancos) suficiente para causar la formación de microdaños, habrá una mayor susceptibilidad de la corteza dorsal y dorsolateral para la acumulación de este microdaño (Lumsden, 2010; Nunamaker, 2011; Plevin y McLellan, 2013; Schramme y Labens, 2013; Mackinnon *et al.*, 2014; Couch y Nielsen, 2017; Cruz, 2017; Nixon *et al.*, 2020a; Ortued y Bertone, 2020; Rogers *et al.*, 2020; Crawford *et al.*, 2021).

A nivel molecular, el microdaño se inicia como una separación entre la fase mineral y de colágeno, y como una ruptura de fibras de colágeno, resultando en debilitamiento del hueso cortical. Con el aumento del número de cargas cíclicas, este daño molecular se propaga,

difundiendo así el daño de la matriz y se generan microfracturas. El microdaño desencadena las respuestas de reparación ósea ya que, al generar la destrucción o compromiso de osteocitos, se induce la remodelación ósea. En la fase de resorción ósea, los osteoclastos requieren de un periodo de días a semanas para llevar a cabo su acción y este proceso, en combinación con el microdaño, resulta en menor rigidez y fuerza del hueso. El periodo de este hueso temporalmente débil es prolongado, debido a que los osteoblastos tardan varios meses en reemplazar el hueso removido por hueso sano. Consecuentemente, se generan porosidades u osteopenia dentro del tejido óseo que pueden debilitar marcadamente la estructura y, si el ejercicio continúa, se generarán tensiones más altas en este hueso que es vulnerable y más susceptible a sufrir microdaños. Posteriormente, la respuesta del hueso apunta a reforzar la debilidad asociada a la acumulación de microdaños y osteopenia focal en el sitio de remodelación de la microfractura por estrés, la que consiste en una modelación ósea inducida por las cargas fisiológicas que se generan sobre el material óseo comprometido y causa tensiones suprafiológicas. Este mecanismo de modelación refuerza la región debilitada a través de la aposición de hueso reticular a nivel periosteal y endosteal, lo que lleva a la producción rápida, y a menudo exuberante, de callo periosteal y endosteal, que sirven para reforzar la corteza durante la finalización de la remodelación intracortical y disminuye las tensiones óseas locales resultantes de cargas subsecuentes. En este punto, las respuestas al estrés dependerán de la magnitud y trayectoria de las fuerzas aplicadas, considerando que las tensiones en el hueso estarán aumentadas para un nivel determinado de actividad cuando las fuerzas estén distribuidas sobre una cantidad reducida de material óseo dentro del hueso cortical. El callo periosteal y la nueva formación de hueso cerca de la microfractura puede detener la propagación de esta al disminuir las tensiones en la punta de la grieta; sin embargo, cuando la acumulación de microdaño y pérdida de rigidez ósea (remodelación osteoclástica) ocurren en una tasa mayor que la ganancia de fuerza del hueso (remodelación osteoblástica y modelación ósea), se genera un retraso en la reparación ósea con respecto a la formación de las microfracturas, lo que permite que estas últimas se propaguen y puedan fusionarse para formar la FCD (Lumsden, 2010; Mackinnon *et al.*, 2014; Martig *et al.*, 2014; Stover, 2015; Couch y Nielsen, 2017; Stover, 2017; Markel, 2020). Respecto a esto, Frisbie *et al.*, (2010) demostró que en las fracturas por estrés en equinos FSC de dos y tres años de vida existe

una falta de acoplamiento entre los procesos de formación y de reemplazo óseo, con un mayor reemplazo seguido de una disminución en la síntesis de hueso entre seis a cuatro meses previo al desarrollo de la lesión.

Si las microfracturas o la FCD no se controlan, pueden predisponer a fractura catastrófica final (fractura completa) debido a una acumulación de carga cíclica del McIII, en lugar de un solo evento traumático, la que puede terminar con la carrera deportiva o comprometer la vida del ejemplar (Lumsden, 2010; Couch y Nielsen, 2017).

Descripción de las alternativas terapéuticas de la fractura cortical dorsal del tercer metacarpiario en equinos Fina Sangre de Carrera

Proceso de selección de registros

Las fuentes utilizadas para la búsqueda de referencias bibliográficas correspondieron a ocho bases de datos a las cuales se encuentra adscrita la Universidad de Chile y seis páginas web relacionadas con la medicina equina, las que se encuentran detalladas en la Tabla 4. Con esta primera etapa de selección, donde se utilizaron palabras claves atinentes y en algunos casos se filtraron los resultados según el año de publicación, se obtuvo un total de 1.281 registros.

<i>Tabla 4: Fuentes de información utilizadas para la búsqueda de referencias bibliográficas.</i>	
BASES DE DATOS	PÁGINAS WEB
<ul style="list-style-type: none"> • Science direct • Wiley Online Library • Scopus • Web of Science • VetMed Resource • Sage Journals • Scielo • PubMed 	<ul style="list-style-type: none"> • Ivis • Medcrave • American College of Veterinary Surgeons (ACVS) • Google Scholar • Research Gate

(Elaboración propia)

Posteriormente se realizó el segundo proceso de selección de registros en base a los criterios del Diagrama de Flujo del Método PRISMA 2020 propuesto por Page *et al.* (2021). En la fase de identificación se determinó el número de resultados obtenidos con la búsqueda avanzada de bibliografía para cada una de las fuentes de información y se eliminaron aquellos registros duplicados o cuyos títulos de publicación no tuvieran relación con el tratamiento de la FCD del McIII en equinos FSC. De los registros obtenidos a partir de bases de datos, 75 pasaron a la fase de chequeo, y de los obtenidos a partir de páginas web, 11 fueron recuperados en la fase de chequeo. Se revisó el resumen de cada registro, eliminándose aquellos que no tuvieran información relacionada con el tratamiento de la FCD, y a partir de esto, 31 registros obtenidos de bases de datos y ocho registros obtenidos de páginas web fueron evaluados para la elegibilidad. Finalmente, la elegibilidad de cada registro se determinó en base a la lectura de cada uno de estos, lo que permitió acotar los registros a incluir en la revisión a un total de 28 registros. Dicho proceso se encuentra resumido en la Figura 3.

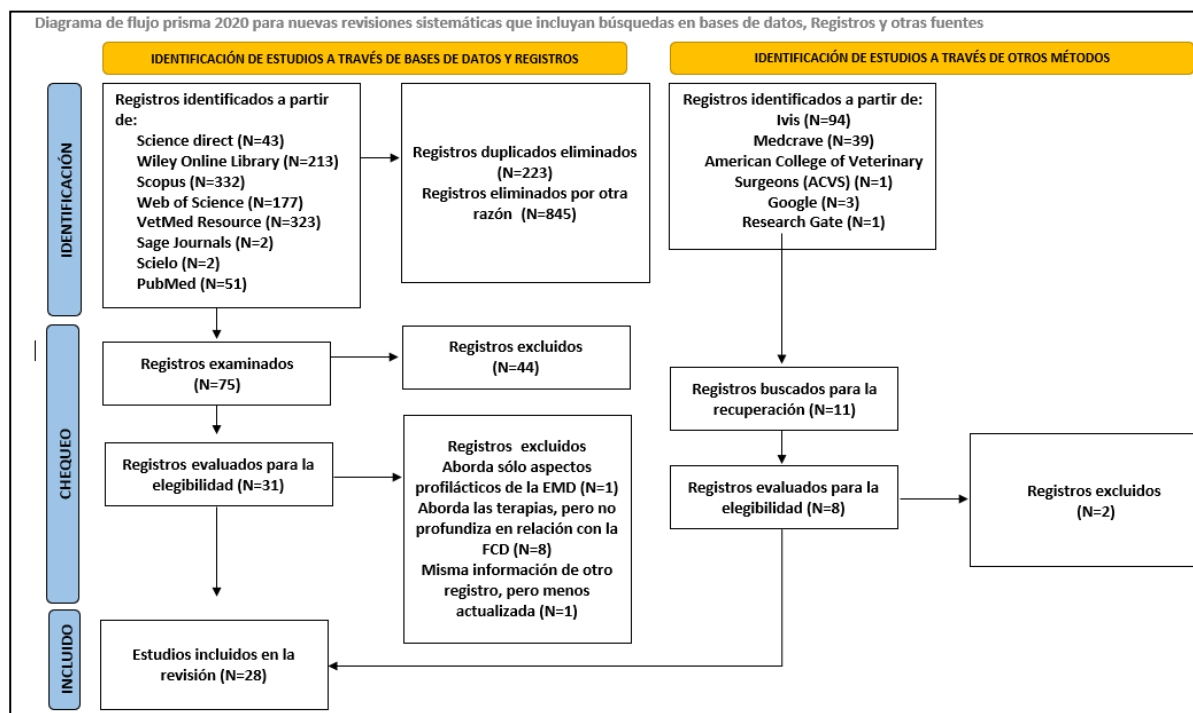


Figura 3: Diagrama de flujo PRISMA 2020 para selección de registros a incluir en la revisión. (Modificado a partir de Page *et al.*, 2021).

Los tipos de registros seleccionados correspondieron a 15 artículos de revistas científicas, ocho artículos de conferencia, un artículo en línea y cuatro capítulos de libro, los que se encuentran resumidos en la Tabla 5.

Tabla 5: Tipos de registros seleccionados para incluir en la revisión.

REVISTAS CIENTÍFICAS	LIBROS
<ul style="list-style-type: none"> ○ BMC Veterinary Research (N=1) ○ Bone (N=1) ○ Clinical Techniques in Equine Practice (N=1) ○ Equine Veterinary Journal (N=2). ○ Equine Veterinary Journal Supplement (N=1) ○ Journal of Equine Veterinary Science (N=2) ○ Veterinary Clinics of North America: Equine Practice (Vet Clin Equine) (N=2) ○ Veterinary Surgery (N=4) ○ Wiener Tierärztliche Monatsschrift (N=1) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Adams and Stashak's Lameness in Horses. 7nd. Ed (N=1) ○ Equine Fracture Repair. 2nd Ed. (N=2) ○ Manual of Internal Fixation in the Horse (N=1)
CONFERENCIAS	PÁGINA WEB
<ul style="list-style-type: none"> ○ 3rd World Veterinary, Orthopaedic Congress (N=1) ○ 20th Annual Meeting of the Association for Equine Sports Medicine (N=1) ○ 32nd Bain Fallon Memorial Lectures: Reproduction, surgery, critical care, lameness ○ 58th Annual Convention of th AAEP (N=1) ○ 62nd Annual Convention of the American Association of Equine Practitiones (N=1) ○ 64th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners (N=1) ○ Annual Convention of the AAEP 2002 (N=1) ○ Veterinary Orthopedic Society (N=1) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ American College of Veterinary Surgeons (N=1)

(Elaboración propia)

Alternativas terapéuticas de la FCD del McIII en equinos FSC

El tratamiento de la FCD tiene como objetivo que el equino reanude al entrenamiento y las carreras lo más rápido posible; sin embargo, este es un proceso que requiere paciencia, ya que los acortamientos en los tiempos del tratamiento normalmente resultan en recidiva de los signos clínicos, lo que retrasa finalmente el retorno al entrenamiento activo (Nixon *et al.*, 2020a). Las opciones terapéuticas descritas en la literatura para esta patología se describen a continuación.

1. Tratamiento conservador

Algunas FCD se recuperan con un tratamiento conservador, basado en el uso de antiinflamatorios no esteroideos (AINES), crioterapia, y un periodo de reposo de siete o más meses, seguido de un retorno gradual a un programa de entrenamiento controlado. El ejercicio restringido se debería mantener hasta que las radiografías (Rx), realizadas en intervalos mensuales, muestren reparación de la fractura. Lumsden (2010) señala que muchos caballos muestran reparación de la fractura después de seis semanas, momento en el cual se puede iniciar el entrenamiento suave, pero no se debería realizar ejercicio de alta intensidad por al menos tres meses. A pesar de este tratamiento, algunos equinos hacen recidiva de signos clínicos al retornar al ejercicio o no muestran signos de recuperación radiográfica por meses. Hay que tener en cuenta que el bajo aporte sanguíneo a nivel cortical y/o el micromovimiento en la línea de fractura lleva a que la FCD sea lenta de reparar e incluso puede que no repare tras periodos prolongados de reposo y ejercicio controlado; por esto es que algunos autores aseguran que el tratamiento conservador es aceptable sólo para aquellos equinos que tienen PMD, ya que en aquellos con FCD la reparación podría ser inadecuada, la línea de fractura puede persistir por varios meses posterior al diagnóstico y, en aquellos casos donde hay reparación, existe una alta tasa de recurrencia. Sin embargo, otros autores indican que los ejemplares diagnosticados de forma temprana con FCD y aquellos con una considerable reacción periosteal o endosteal parecen ser los mejores candidatos para un tratamiento conservador. Además, equinos con muchas líneas de fractura o con fracturas que parecen propagarse y girar en espiral alrededor del hueso, tienen un mayor riesgo de sufrir una fractura catastrófica durante la recuperación de

la anestesia general cuando son sometidos a un tratamiento quirúrgico, por lo que estos casos también se deberían considerar manejarlos de forma conservadora. Si bien el tratamiento conservador es ampliamente mencionado frente a la FCD, no se cuenta con datos objetivos importantes del resultado de equinos manejados de esta forma (Caston y Reinertson, 2007; Lumsden, 2010; Carpenter, 2012; Orsini, 2012).

2. Tratamientos quirúrgicos

La intervención quirúrgica (Cx) se considera como el tratamiento de elección para equinos con FCD; sin embargo, con el paso de los años se ha reconocido que no es realmente esencial. La principal justificación para realizar una cirugía en estos casos es que se cree que son bastante seguras para conseguir un periodo de recuperación más corto que el tratamiento conservador, y con un pronóstico deportivo más favorable; sin embargo, el tratamiento quirúrgico no se indica en todos los casos de FCD, donde el candidato óptimo es aquel ejemplar de tres a cuatro años de vida con una fractura dorsal oblicua obvia que tiene una respuesta de reparación mínima, y que está causando diferentes signos clínicos. Las opciones quirúrgicas que se indican para el tratamiento de la FCD son la Osteostixis (OST) y la fijación con tornillo (FT). Si bien es difícil comparar estas terapias basándose en la evidencia publicada, parece ser que la mayoría de los equinos han retornado a las carreras después de cada técnica; sin embargo, las tasas de éxito son variables y el tiempo que tardan en volver a las carreras es generalmente de ocho meses o incluso más, resultando en pérdidas significativas tanto para el propietario como para el preparador (Hanie *et al.*, 1992; Carpenter, 2012; Orsini, 2012; Richardson, 2012). Ambas cirugías se pueden realizar bajo anestesia general o de pie, donde la decisión de realizar una o la otra depende inicialmente de la extensión de la fractura y de si la recuperación de la anestesia se considera un riesgo debido a la configuración de la fractura o al temperamento del ejemplar (Hanie *et al.*, 1992).

2.1 Osteostixis

El mecanismo mediante el cual la OST estimula la reparación de la FCD no está completamente entendido. Se cree que facilita el acceso vascular intramedular, lo que

permite el acceso de factores osteogénicos desde la cavidad medular hacia la línea de fractura y, además, induce el fenómeno acelerador regional (FAR), incrementando el metabolismo local del hueso en respuesta a una inflamación local inducida, resultando en una mayor formación de hueso. Aunque el FAR estimula inicialmente la resorción ósea local, lo que podría debilitar la corteza, la fuerza original del hueso se recupera a medida que la formación de hueso nuevo rellena las perforaciones, lo que también puede proveer estabilidad y un conducto para mayor actividad osteoblástica. Además, la perforación cortical también genera un efecto concentrador de estrés, estimulando la remodelación ósea. Esta cirugía se puede considerar como el tratamiento de elección para la FCD porque no requiere de una segunda intervención para remover un implante (Hanie *et al.*, 1992; Dallap *et al.*, 1999; Caston y Reinertson, 2007; Orsini, 2012).

En cuanto a la técnica Cx, el sitio de fractura se localiza con Rx y se realiza una incisión vertical de un centímetro (cm) directamente sobre esta; se realiza un orificio de perforación de 3.2 milímetros (mm), dos a tres mm proximales al ápice del defecto, y posteriormente se realizan más orificios de perforación separados entre sí por un cm, en patrón lineal o de diamante. En el postoperatorio, se mantiene con un vendaje de compresión firme por tres semanas y reposo en pesebrera por uno a tres semanas, con caminatas a la mano a partir de la primera semana. Posteriormente se puede dejar en un pequeño corral o con caminatas montado por cuatro semanas adicionales. Se recomienda un seguimiento con Rx antes del retorno al entrenamiento, donde los criterios para esto incluyen cierta evidencia de refuerzo óseo de la línea de fractura y de los orificios de perforación, y antes de realizar cualquier ejercicio de velocidad, se recomienda tomar nuevamente Rx para evaluar la progresión y que haya una recuperación completa de la línea de fractura y de los orificios de perforación. Como complicaciones de esta alternativa terapéutica se describe la rotura de la broca dentro de la corteza, lo cual puede contribuir a una claudicación crónica; esto es más probable de ocurrir cuando se está llevando a cabo el procedimiento con el equino de pie, porque a pesar de la sedación y de la anestesia regional, el equino se puede mover mientras la broca está dentro del hueso, resultando en una falla de esta. Otra complicación que se reporta como poco común es la infección subcutánea. Además, existe un riesgo asociado con la OST para el equino durante la recuperación anestésica o al retornar a las carreras, porque

los agujeros de perforación generan un aumento de tensión en el hueso y una disminución de la resistencia a la rotura del mismo. Algunos autores aseguran que se han reportado pocas fallas catastróficas en equinos sometidos a este tratamiento, mientras que otros señalan que la OST por sí sola ha perdido popularidad debido a que genera un callo excesivo cuando la perforación es exagerada, lo que resulta en predisposición a refracturas a través de la corteza dorsal masivamente engrosada (Hanie *et al.*, 1992; Caston y Reinertson, 2007; Orsini, 2012; Nixon *et al.*, 2020a)

Hay escasos reportes de la OST como tratamiento de la FCD en el equino y sus resultados son variables, existiendo discusión respecto al porcentaje de retorno al entrenamiento y de recidivas (Hanie *et al.*, 1992). Specht y Colahan (1990) reportaron un 82% de equinos sometidos a OST que retornaron a las carreras en un periodo promedio de nueve meses. El estudio de Cervantes *et al.* (1992) (citado por Orsini, 2012) demostró que la mayoría de los equinos sometidos a OST que retornan a las carreras mantienen o mejoran su rendimiento deportivo, y se sugiere que la longevidad en cuanto a las carreras no se vería afectada significativamente. Hanie *et al.* (1992) concluyeron que esta cirugía provee una alternativa efectiva para el tratamiento de la FCD; sin embargo, hay que tener en cuenta que existe un factor individual respecto al tiempo en que los ejemplares retornan al entrenamiento, describiéndose tiempos de tres a nueve meses de recuperación, por lo tanto, es importante definir la actividad de convalecencia mediante el seguimiento radiográfico del paciente.

2.2 Fijación con tornillo

Esta técnica Cx se puede realizar con tornillos de compresión, de posición o de placa. La colocación de tornillos resulta en una respuesta de las osteonas significativa y, además, como el módulo elástico del tornillo es significativamente diferente del hueso que lo rodea, se genera un efecto de concentración de estrés, lo que podría ser importante en la respuesta de las osteonas en el área de la fractura. Para el abordaje Cx, con agujas bajo guía radiográfica se determina la posición ideal del tornillo y se realiza una incisión de uno a cuatro cm entre los tendones extensores. Con un retractor se apartan los tendones extensores, se hace una incisión en el periostio y se refleja. Se realiza una perforación de

2.5 mm con un taladro cortical, que posteriormente se rosca con una terraja de 3.5 mm, donde se inserta el tornillo cortical del mismo diámetro y de 18 a 22 mm de largo, para asegurar un correcto atornillado. Finalmente, se toman Rx intraoperatorias para asegurar la correcta orientación de los implantes utilizados. En el postoperatorio se puede utilizar un yeso para proteger el McIII durante la recuperación anestésica, el que se puede retirar a las 24 horas; luego se mantiene con un vendaje estéril por dos semanas, periodo durante el cual se realiza reposo en pesebrera, y posteriormente se inicia el ejercicio con cuatro semanas de caminatas a la mano, seguido de seis semanas de ejercicio suave. Autores sugieren realizar Rx a los 70-80 días postoperatorios para determinar si hay evidencia de reparación de la fractura y, de ser así, se remueve el tornillo bajo sedación, ya que en la mayoría de los casos estos implantes pueden provocar dolor en el periodo postoperatorio temprano o una vez que se reanuda el ejercicio; sin embargo, se cree que esto también puede resultar en recidiva de la FCD. Por otro lado, se cree que la remoción del tornillo cambia la dirección de las cargas de la corteza dorsal que lo rodea, estimulando la modelación y remodelación ósea. El periodo de reanudación del entrenamiento es variable según el estudio, lo que podría influir en el tiempo promedio que ocurre hasta la primera carrera del ejemplar; algunos autores recomiendan realizar un seguimiento radiográfico a las 12 semanas postoperatorias y, si los hallazgos son positivos, el equino puede retornar al entrenamiento rápido y a la primera carrera a los 30 días posteriores. Otros recomiendan retirar el tornillo a las ocho semanas postoperatorias y, también basado en el seguimiento radiográfico, no iniciar el entrenamiento antes de las 16 semanas posteriores a la cirugía inicial. Nixon *et al.* (2020a) asegura que se requieren de 60 días para que el orificio del tornillo se rellene de nuevo hueso, lo que se debe considerar antes de retomar el entrenamiento. Aunque se debe considerar la fractura catastrófica como posibilidad para todos los casos, una ventaja de la FT es que parece ser protectora contra esta posible complicación, particularmente durante la recuperación de la anestesia general y en el periodo postoperatorio temprano (Fackelman y Nunamaker, 1982; Dallap *et al.*, 1999; Jalim *et al.*, 2010; Lumsden, 2010; Orsini, 2012; Nixon *et al.*, 2020a; Nixon *et al.*, 2020b).

Según Nixon *et al.*, (2020a), generalmente no se utiliza el principio de los tornillos de compresión, ya que no hay una fractura compresible verdadera. Sin embargo, en el estudio

de Jalim *et al.*, (2010), el 83% de los equinos con FCD sometidos a fijación con tornillo de compresión de 4.5 mm regresaron a las carreras en un promedio de nueve meses, por lo que concluyen que esta técnica quirúrgica permitiría predecir un retorno exitoso a las carreras, y con un pequeño porcentaje de recidivas, lo que se debería a la recurrencia de factores biomecánicos responsables de la fractura inicial, más que a una reparación insuficiente.

2.3 Combinación de Osteostixis y fijación con tornillo

En el estudio de Watt *et al.*, (1998), algunos equinos con FCD se trataron con OST y otros con FT, donde todos los equinos retornaron a las carreras en un promedio de ocho meses, y sólo uno presentó recidiva. A pesar de que ambas cirugías fueron exitosas, prefirieron la OST como tratamiento, simplemente porque esta no requiere de una segunda intervención. Sin embargo, varios autores consideran que la combinación de la OST con la FT es el tratamiento Cx más confiable, ya que reportes clínicos indican que la combinación de estas técnicas tiene un índice de recurrencia de fractura menor que la OST por sí sola, y al parecer el estímulo de relleno de la fractura por estrés es más prolongado en estos casos. En cuanto al mecanismo de acción, lo más probable es que el tornillo pueda proveer estabilización del micromovimiento a través de la FCD, mientras los orificios perforados se rellenan de nuevo hueso, inician el FAR, entregan osteoblastos a la línea de fractura, y estimulan una respuesta de osteonas significativa. Además, puede ser que los resultados mejorados se deban a la necesidad de una segunda intervención Cx para remover el tornillo, lo cual parece ser que estimula nuevamente al hueso. En cuanto a la técnica Cx, primero se realiza la FT y posteriormente se realizan perforaciones adicionales de dos a 2.5 mm alrededor para una estimulación no específica adicional para esta zona, realizando un total de cinco a nueve orificios separados entre sí por un cm. En el postoperatorio, se deja con un vendaje por al menos tres semanas y en reposo en pesebrera por dos semanas. Posteriormente, se caminará a la mano durante dos a cuatro semanas y posteriormente se le empezará a dejar salir a un corral diariamente por cuatro semanas. Luego se vuelven a tomar Rx para evaluar la evolución de la fractura. A los dos meses postoperatorios, se retira el tornillo, y el equino continúa con las caminatas y salidas al corral por otros 60 días. Se reevalúa con Rx y, si se observa una buena recuperación, el equino reanuda su

entrenamiento normal, pero si la línea de fractura aún es muy perceptible, se espera otro mes antes de retornar al ejercicio regular. (Dallap *et al.*, 1999; Lumsden, 2010; Orsini, 2012; Richardson, 2012; Nixon *et al.*, 2020a). En el estudio de Dallap *et al.* (1999), donde se sometieron a equinos con FCD a OST y FT de posición, el 94% de los pacientes volvieron a las carreras, demorando entre dos a cinco meses en reanudar el entrenamiento, y entre cuatro y catorce meses en realizar su primera carrera.

Para ambos tratamientos quirúrgicos, realizados de forma independiente o combinada, hay que considerar que el programa de ejercicio postoperatorio podría jugar también un rol en la reparación de la fractura, ya que estimularía la remodelación ósea (Dallap *et al.*, 1999). Aunque se cree que los dos procedimientos quirúrgicos descritos pueden acelerar la reparación de la FCD, sobre todo cuando es refractaria al tratamiento conservador, no existe evidencia de alta calidad que apoye esto, ya que en general los resultados de estas cirugías se han reportado como casos clínicos o de manera retrospectiva. Además, no hay revisiones de alta calidad que permitan esclarecer aspectos como, la técnica quirúrgica que se suele preferir, la verdadera incidencia de equinos que no se recuperan sin una intervención Cx, y el verdadero porcentaje de ejemplares que retornan al entrenamiento o a correr a alta velocidad sin recidivas posterior a un tratamiento quirúrgico (Caston y Reinertson, 2007).

3. Otras alternativas terapéuticas

3.1 Bisfosfonatos

Los bisfosfonatos (BPs) son análogos químicamente estables del pirofosfato inorgánico conocidos por inhibir el proceso de resorción ósea. Se pueden clasificar en dos grupos, aquellos que contienen nitrógeno (N) y los que no contienen N. La presencia o no de un átomo de N en su estructura afecta el mecanismo de acción, el efecto y las indicaciones potenciales para su uso. Hasta la fecha, sólo los BPs no nitrogenados (BPs-NN), como el Tiludronato (Tildren®) y Clodronato (Osphos®), están aprobados para su uso en equinos. Dichos BPs, tienen una alta afinidad por los cristales de hidroxiapatita, absorbiéndose especialmente bien en sitios de resorción ósea activa, donde el mineral óseo está más

expuesto, e inhiben la resorción ósea principalmente mediante un mecanismo celular en los osteoclastos. Estos últimos absorben los BPs mediante endocitosis durante la disolución ácida de la matriz ósea mineralizada y una vez dentro del osteoclasto, son metabólicamente incorporados en análogos no hidrolizables de ATP, que son más resistentes que el ATP frente a la descomposición metabólica y se acumulan en el citosol, interfiriendo con las funciones celulares dependientes de energía, resultando en la apoptosis de los osteoclastos e inhibición de la resorción ósea. Parece ser que los BPs-NN también tienen efectos anti-apoptóticos en los osteocitos y osteoblastos, lo que estaría mediado por un mecanismo de acción diferente al que causa apoptosis en los osteoclastos; a bajas concentraciones, los BPs-NN se unen a la proteína de membrana externa, Conexina 43, lo que activa una vía de señalización de pro-supervivencia (vía Src/ERK), previniendo la apoptosis de las células mencionadas. Por otro lado, se ha hipotetizado que los BPs-NN son analgésicos y antiinflamatorios por diferentes mecanismos (Duesterdieck-Zellmer, 2016; Mitchell *et al.*, 2019; Koch y Goodrich, 2020; Markell *et al.*, 2020; Suva *et al.*, 2021).

En teoría, el uso de BPs para el tratamiento de la FCD permitiría enlentecer la remodelación ósea, ayudando así a restaurar el balance normal entre la resorción ósea y la formación de hueso nuevo; sin embargo, existe discusión respecto a esto. Una de las metas a menudo declaradas del tratamiento con BPs en equinos es un aumento de la masa y fuerza ósea resultante de la reducción de la resorción ósea; sin embargo, muchos de los estudios realizados en esta especie no evalúan estos parámetros, e incluso hay algunos que concluyen que no existe un impacto significativo en el tejido óseo, ni a nivel estructural ni celular, usando un esquema de dosis y administración estándar, por lo que los resultados positivos reportados podrían no estar relacionados directamente con la inhibición de la actividad osteoclástica, si no que pueden ser consecuencia del efecto analgésico y antiinflamatorio de los BPs. Por otro lado, estudios han utilizado marcadores bioquímicos de metabolismo óseo para monitorear el efecto de los BPs sobre el recambio óseo en huesos de equinos, donde se ha demostrado que efectivamente existe un efecto de anti resorción. Existe evidencia acerca de la acción inhibitoria del Tiludronato en la resorción ósea y el resultante efecto de la densidad mineral ósea en un modelo de osteoporosis por desuso inducida mediante el uso de férula, y además, se ha demostrado que tiene propiedades

antiinflamatorias. Por otro lado, los estudios donde se utilizó Clodronato han indicado que la morfología ósea (incluyendo densidad, fuerza y estructura ósea) y la remodelación ósea general no se ve impactada por la administración de este bisfosfonato en dosis clínicas. En base a lo anterior, se hace muy necesario el desarrollo de investigaciones específicas en equinos acerca de las modificaciones en el recambio y la masa ósea resultantes del tratamiento con BPs, que hasta el día de hoy son carentes tanto en este aspecto como en lesiones ortopédicas de equinos en general (Lepage, 2010; Carpenter, 2012; Duesterdieck-Zellmer, 2016; McLlelan, 2018; Mitchell *et al.*, 2019; Markell *et al.*, 2020; Suva *et al.*, 2021).

Existe discusión respecto al uso no autorizado de BPs que busca reducir el riesgo de fracturas por estrés en equinos FSC jóvenes en entrenamiento. En primer lugar, no hay evidencia experimental que actualmente apoye la utilidad del tratamiento con BPs como tratamiento preventivo, e incluso puede ser perjudicial para el ejemplar. Estudios en otras especies sugieren que el tratamiento profiláctico de huesos que están bajo altas tensiones, como es el caso de los equinos FSC, puede debilitar el hueso e incluso predisponer a fracturas por estrés. Hay que tener en cuenta que la única forma de reparación de las microfracturas es mediante la remodelación ósea, proceso que se ve inhibido por la acción anti-apoptótica y apoptótica de los BPs, predisponiendo la propagación de microfracturas y disminuyendo el índice de reparación de fracturas por estrés.

En segundo lugar, no se sabe el efecto de los BPs sobre el esqueleto del equino en crecimiento; los equinos jóvenes en entrenamiento tienen altos niveles de biomarcadores de remodelación ósea, lo que es un buen indicador para un esqueleto deportista; sin embargo, se ha visto que el Tiludronato disminuye la concentración sérica de estos biomarcadores, a partir de lo cual se puede inferir que los BPs podrían tener una influencia negativa en el desarrollo esquelético de equinos deportistas jóvenes. Además, tomando en cuenta estudios realizados de otras especies, aunque no se puede realizar una conclusión directa, se concluye que los BPs también parecen afectar la osificación endocondral, aunque no está claro si esto tiene efectos duraderos, y que la administración de BPs en equinos en crecimiento se debe realizar de manera cuidadosa y asegurando una ingesta normal de

calcio durante el tratamiento. Por otro lado, considerando el potencial efecto analgésico de los BPs, se debe tener especial cuidado al pensar en administrarlo en equinos FSC con FCD, ya que puede ser que el ejemplar se esté beneficiando de la analgesia, mientras tiene una respuesta de reparación ósea retardada debido al uso de BPs. Entonces, el uso de BPs en equinos con patologías distintas al síndrome navicular (que es la única patología para la cual está autorizado el uso de BPs), como el caso de la FCD, puede ser o no efectivo, e incluso podría llegar a ser perjudicial para el ejemplar. Por lo tanto, considerando lo anterior, y frente a la falta de estudios rigurosos específicos para esta especie, en particular en jóvenes en crecimiento, se hace problemático desarrollar recomendaciones generales para el uso de BPs no autorizado en equinos, ya que para eso se requiere de más estudios acerca del efecto a largo plazo de los BPs sobre la densidad ósea, la habilidad de reparación ósea y duración de la acción posterior a la administración (Lepage, 2010; Duesterdieck-Zellmer, 2016; McLlelan, 2018; Mitchell *et al.*, 2019; Koch y Goodrich, 2020; Suva *et al.*, 2021).

3.2 Ondas de choque extracorpóreas (focales y no focales)

Las ondas de choque extracorpóreas (ODCE) son ondas acústicas de alta presión y velocidad, que aumentan a medida que se propagan en tres dimensiones a través de los tejidos, seguido de presiones negativas y finalmente retornan a una presión cero, y se pueden clasificar como focales (ODCE-F) o radiales (ODCE-R). Cuando las ondas de choque alcanzan interfases de tejido con diferente impedancia acústica, liberan la energía que contienen, y se generan fuerzas de compresión y de corte dentro del tejido en las transiciones acústicas; como el hueso tiene una impedancia acústica relativamente alta, se espera que la aplicación de ODCE sobre esto resulte en la liberación de cantidades importantes de energía. Una vez dentro del tejido, las ondas de choque tienen efectos directos (compresión y tensión generada a medida que las ondas de choque viajan a través del tejido) y efectos indirectos (las fuerzas generadas pueden llevar al desarrollo de burbujas (cavitaciones) que puede colapsar o crecer con las ondas de choque subsecuentes). Las cavitaciones, al colapsar, generan microtraumas de los tejidos, lo que lleva a neovascularización y, por lo tanto, a mayor flujo sanguíneo en esta área, permitiendo a su

vez la introducción de células inflamatorias y nutrientes. A pesar de que se conoce bien el efecto directo e indirecto de las ODCE, la importancia que tienen en las aplicaciones ortopédicas no están completamente delineadas. Una de las posibles indicaciones para el uso de ODCE en equinos, entre otras condiciones músculo esqueléticas, son las fracturas por estrés, incluyendo la FCD del McIII. Las ODCE tienen un efecto analgésico y, en el caso de la FCD, se describe una estimulación osteogénica y de la remodelación ósea, por lo tanto, los beneficios anticipados de la terapia con ODCE en la FCD incluyen la disminución del dolor, disminución del tiempo de reparación, mejores posibilidades de recuperación y retorno al ejercicio más rápido. Respecto al efecto analgésico, se discute su uso en equinos FSC, ya que podría disminuir o eliminar el dolor de una lesión potencialmente catastrófica si el ejemplar continúa corriendo (Scheuch *et al.*, 2000; Da Costa Gómez *et al.*, 2004; Siedler y Buchner, 2009; Schlachter y Lewis, 2016; Koch y Goodrich, 2020)

Debido a que las ODCE estimulan la reparación de fracturas en múltiples especies, se podría esperar que esta terapia sea útil para el tratamiento de fracturas por estrés, e incluso existen reportes anecdóticos o de casos con tratamientos exitosos de la EMD con ODCE; sin embargo, se han realizado pocos estudios controlados respecto a su utilidad en la FCD y sobre sus efectos en el McIII del equino. Por ejemplo, se ha establecido que los intentos de manipular la reparación ósea con ODCE al inducir desprendimiento y hemorragia del periostio ha resultado en la formación de nuevo hueso; sin embargo, los mecanismos precisos por lo que ocurre esto no están del todo claros, y si se aplica una cantidad excesiva de ODCE sobre el hueso, se puede generar una fractura cortical y trabecular (Hubert *et al.*, 2003; Da Costa Gómez *et al.*, 2004; McClure *et al.*, 2004). Scheuch *et al.*, (2000) sugieren que las ODCE generan resultados positivos en casos de fracturas por estrés en el McIII, como la FCD, basándose en el retorno a las carreras o al entrenamiento de carreras de ejemplares sometidos a este tratamiento, y que tiene muy pocos efectos secundarios (en este estudio en particular hubo un caso de FCD que generó un hematoma post tratamiento). En el estudio de Palmer, (2002), con ODCE-R en equinos con EMD, el 90% de los ejemplares retornaron al entrenamiento y mantuvieron el mismo nivel deportivo que tenían antes de la lesión, pero el tiempo de recuperación fue variable; en el caso de la FCD, la mayoría reparó

en tres a cinco meses y el tiempo promedio para la primera carrera fue de cinco meses, sin embargo, todos los ejemplares del estudio habían recibido algún tipo de tratamiento previo que no fue considerado para el cálculo. A pesar de esto, se concluyó que las ODCE-R combinado con un protocolo de entrenamiento apropiado parece ser una alternativa segura y efectiva como complemento para el tratamiento de la EMD. Además, el autor asegura que la disminución en el grado de claudicación posterior al tratamiento con ODCE-R no se puede atribuir únicamente a esto, ya que, en este tipo de patología, la claudicación debería disminuir espontáneamente cuando el ejemplar es retirado del entrenamiento. Contrario al estudio anterior, Hubert *et al.* (2003) concluyó que la ODCE-R no generan ningún efecto apreciable sobre los factores que afectan la fuerza del hueso (densidad mineral ósea, tamaño óseo, distribución de la masa, elasticidad y rigidez), debido a que estas ondas se atenúan rápidamente después de ingresar al paciente, y por otro lado, las ODCE-F inducen hemorragia subperiosteal y endosteal en el sitio de aplicación; sin embargo, este estudio fue realizado con equinos sanos que no se encontraban bajo un protocolo de entrenamiento controlado, lo que podría afectar los resultados del estudio. Da Costa Gómez *et al.* (2004) concluyeron que las ODCE tienen el potencial de aumentar las microfracturas en el hueso compacto del McIII del equino FSC, lo que sería más pronunciado en equinos que están activamente en las carreras, debido a que estas microfracturas aumentan con el número de carreras; sin embargo, el estudio también concluyó que las ODCE incrementan a su vez la remodelación reparativa en tejido óseo expuesto a esta terapia *in vivo*. Los datos preliminares obtenidos en el estudio de McClure *et al.* (2004) indican que las ODCE podrían proveer potencialmente estimulación completa del espesor cortical para la remodelación de osteonas en la diáfisis media del McIII; si bien este estudio fue realizado en huesos sanos, se puede anticipar que se genera una activación de osteonas similar cuando se tratan fracturas completas o incompletas en equinos. En la experiencia de McClure y Weinberger (2004), la gran mayoría de los equinos con EMD tratados con ODCE retornan a las carreras sin recurrencia de claudicación y, en el caso de aquellos con FCD, el tiempo promedio de retorno a la primera carrera ha sido de cinco meses. Siedler y Buchner (2009) concluyen que, en base a estudios experimentales preliminares, las ODCE-F pueden estimular la osteogénesis, tanto las ODCE-F como ODCE-R no dañan los tejidos blandos en la extremidad distal del equino y, cuando se utilizan altos índices de pulsos, se tiene un

pequeño efecto en cuanto a microfracturas; sin embargo, para verificar los resultados de los estudios existentes, se debe mejorar la calidad de los estudios clínicos. En el estudio de Carpenter (2012), el 90% de los equinos que no respondían al tratamiento conservador y que recibieron ODCE retornaron a las carreras de manera exitosa; sin embargo, la mayoría de las fracturas por estrés requieren de tres a cinco meses adicionales post tratamiento para recuperarse completamente; y se reportó un 17% de recidivas.

Hasta el momento, la aplicación de ODCE en el hueso está generando aceptación en medicina veterinaria, donde estudios documentan que defectos óseos se pueden estimular para reparar con ODCE, y autores indican que la terapia con ondas de choque podría ser beneficiosa como complemento a la modificación del entrenamiento en equinos con FCD, incluso algunos han planteado protocolos para esta patología; sin embargo, los mecanismos mediante los cuales esto ocurre están poco dilucidados. También hay que considerar que los ensayos clínicos en los equinos han sido inconclusos, debido a que existe variabilidad respecto al equipo utilizado, los niveles de energía, la frecuencia de pulsos, la profundidad de penetración, y el número de tratamientos. En la medida que exista mayor investigación y comprensión de esto, se podrá determinar la energía y el número de pulsos para maximizar la respuesta post tratamiento (McClure *et al*, 2004; Koch y Goodrich, 2020).

3.3 Combinación de alternativas terapéuticas

En el estudio de Carpenter, (2012), se propone un protocolo donde se utilizan BPs, ODCE y un programa de ejercicio modificado para el tratamiento de la FCD, abordando la reparación de esta desde un punto de vista mecánico y biológico. Todos los equinos sometidos a este protocolo compitieron su primera carrera en un promedio de tres meses y medio desde que se realizó el diagnóstico. Considerando los resultados exitosos, se requiere una mayor investigación del protocolo, por un lado, porque parece existir una ventaja en el tiempo requerido para que los equinos con FCD retornen a las carreras, y por otro lado, como se utilizaron múltiples terapias alternativas, se hace necesario identificar aquella que es más crítica en el tratamiento de esta patología.

Uno de los problemas más frustrantes asociados con el tratamiento de la FCD es la recurrencia de claudicación y/o fractura cuando los equinos retornan al entrenamiento. Esta recurrencia sugiere una falla de la remodelación adecuada de la corteza dorsal del McIII para resistir el nivel de estrés cíclico asociado con la alta velocidad del entrenamiento y las carreras. Existe una gran variabilidad en cuanto a las tasas de recurrencia entre y dentro de una misma alternativa terapéutica, por ejemplo, estudios acerca de los tratamientos quirúrgicos reportan tasas desde un tres a un 67%, y los estudios de ODCE hablan de un 17%. Esto puede reflejar la cantidad de factores que influyen en este ámbito, incluyendo la alternativa terapéutica utilizada, el tiempo fuera del entrenamiento y, más importante, la cantidad y el ritmo de introducción del trabajo de velocidad a medida que el equino reanuda el entrenamiento. Frente a esto, siempre se debe comunicar a los propietarios y preparadores del riesgo potencial de recidivas o incluso de una fractura catastrófica del McIII si el equino no respeta el periodo de reparación de la fractura antes de retomar el entrenamiento, independiente del tratamiento realizado (Palmer, 2002).

Evaluación de calidad de la evidencia y grados de recomendación

Se seleccionaron los estudios recopilados en la búsqueda de registros bibliográficos, sumando un total de ocho estudios publicados entre los años 1990 y 2012, los que se encuentran indicados según el tipo de alternativa terapéutica abordada en la Tabla 6. Con estos estudios se realizó el proceso de clasificación de calidad de la evidencia y elaboración de recomendaciones basándose en el Manual GRADE escrito por Schünemann *et al.*, (2013), el cual se adaptó a los objetivos de esta Memoria de Título. En primer lugar, se realizó la formulación de dos preguntas clínicas: “¿Debería usarse osteostixis versus fijación con tornillo o la combinación de ambas para equinos FSC con FCD del McIII?” y “¿Debería usarse un tratamiento alternativo (ODCE y/o BPs) versus un tratamiento quirúrgico (OST y/o FT) para equinos FSC con FCD del McIII?”. Se optó por utilizar dos preguntas clínicas con el fin de realizar dos perfiles de evidencia y así facilitar el análisis de los estudios según si el tipo de tratamiento abordado era quirúrgico o alternativo, debido a que no se cuenta con estudios que comparen estos dos tipos de tratamientos. Posteriormente, se definieron los posibles desenlaces con sus niveles de importancia

correspondientes en base a la información de los estudios y la revisión bibliográfica realizada previamente, incluyéndose en el perfil de evidencia sólo aquellos clasificados como “crítico” o “importante”.

Tabla 6: Estudios recopilados que abordan el tratamiento de FCD del McIII en equinos FSC.

Alternativa terapéutica	Nombre del estudio	Autores	Año de publicación
Osteostixis	Follow-up of 28 horses with third metacarpal unicortical stress fractures following treatment with osteostixis	Hanie, E.A., Sullins, K.E., White, N.A.	1992
	Osteostixis for incomplete cortical fracture of the third metacarpal bone: results in 11 horses	Specht, T.E., Colahan, P.T.	1990
Fijación con tornillo	Lag screw fixation of dorsal cortical stress fractures of the third metacarpal bone in 116 racehorses	Jalim, S.L., McIlwraith, C.W., Goodman, N.L., Anderson, G.A.	2010
Osteostixis y fijación con tornillo	Incomplete oblique sagittal fractures of the dorsal cortex of the third metacarpal bone in six horses	Watt, B.C., Foerner, J.J., Haines, G.R.	1998
	Results of screw fixation combined with cortical drilling for treatment of dorsal cortical stress fractures of the third metacarpal bone in 56 Thoroughbred racehorses	Dallap, B.L., Bramlage, L.R., Embertson, R.M.	1999

Ondas de choque extracorpóreas	Clinical evaluation of high-energy extracorporeal shock waves on equine orthopedic injuries	Scheuch, B., Whitcomb, M.B., Galuppo, L., Snyder, J.	2000
	Treatment of dorsal metacarpal disease in the Thoroughbred racehorse with radial extracorporeal shock wave therapy	Palmer, S.E.	2002
Ondas de choque extracorpóreas y bisfosfonatos	How to treat dorsal metacarpal disease with regional Tiludronate and extracorporeal shock wave therapies in Thoroughbred racehorses	Carpenter, R.S.	2012

(Elaboración propia)

Los perfiles de evidencia se realizaron con el software GRADEpro Guideline Development Tool, el que genera una tabla para cada pregunta clínica con toda la información requerida para llevar a cabo el perfil de evidencia (Tabla 7 y 8). Respecto a la evaluación de certeza, los ocho estudios, al ser reportes de casos, se clasifican con un diseño de estudio observacional de tipo descriptivo. Este tipo de estudios tiene limitaciones, debido a que “implican una subjetividad personal por parte de los autores, no permiten comparaciones, representan una experiencia limitada y no representan evidencia sólida para alterar la práctica clínica” (Manterola y Otzen, 2014); por lo tanto, se les considera con un riesgo de sesgo “serio”. Los estudios son consistentes en cuanto a sus resultados tanto dentro de cada estudio como al compararlos entre sí, por lo tanto, en el perfil de evidencia, la inconsistencia se clasifica como “no es serio”. En todos los casos la población de estudio correspondió a equinos FSC con FCD del McIII, las alternativas terapéuticas estudiadas son similares a las descritas en la literatura y utilizadas en la práctica clínica equina, los desenlaces son similares al comparar los estudios, y las conclusiones son realizadas en forma directa a partir de los resultados obtenidos, por lo tanto, la evidencia indirecta es clasificada como “no es serio”. Considerando la cantidad de pacientes, para los estudios de

tratamientos quirúrgicos, se consideró que el tamaño muestral es adecuado, mientras que, en los estudios de tratamientos alternativos, hay una limitación importante en este aspecto, por lo tanto, la imprecisión se clasificó como “no es serio” para el primero, y “serio” para el segundo. Finalmente, en otras consideraciones, se tomó en cuenta el efecto de gran magnitud para todos los estudios, ya que los efectos son consistentes a lo largo de los pacientes sometidos al mismo tipo de tratamiento, por lo tanto, se clasifica como “fuerte asociación”. Respecto al resumen de los resultados, el impacto de cada desenlace se presentó en forma narrativa y se determinó su nivel de importancia. Finalmente, el software generó de forma automática el nivel de certeza para cada desenlace, el cual fue “bajo” para el perfil de evidencia de tratamientos quirúrgicos, y “muy bajo” para el perfil de evidencia de tratamientos alternativos.

Tabla 7: Perfil de evidencia GRADE “Osteostixis comparado con fijación con tornillo o la combinación de ambas para equinos FSC con FCD del McIII”.

Evaluación de certeza							Impacto	Certeza	Importancia
Nº de estudios	Diseño de estudio	Riesgo de sesgo	Inconsistencia	Evidencia indirecta	Imprecisión	Otras consideraciones			
Retorno al entrenamiento (seguimiento: 0-24 meses ; evaluado con : registros de seguimiento postoperatorio)									
5	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	no es serio ^b	fuerte asociación	De los pacientes a los cuales se les pudo hacer seguimiento postoperatorio, el retorno al entrenamiento fue de un 82-100% para la <i>osteostixis</i> , 83-100% para la fijación con tornillo, y 94% para la combinación de ambas técnicas quirúrgicas.	⊕⊕○○ Baja	CRÍTICO
Retorno a la primera carrera (seguimiento: 0-24 meses ; evaluado con : registros de seguimiento postoperatorio)									
5	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	no es serio	fuerte asociación	Los pacientes sometidos a <i>osteostixis</i> retomaron a su primera carrera en un periodo de 6,9 a 9,4 meses en promedio. Los pacientes sometidos a fijación con tornillo retomaron en un promedio de 8,3 a 11,3 meses. Y los pacientes sometidos a la combinación de ambas técnicas quirúrgicas, realizaron su primera carrera en un promedio de 7,6 a 9 meses.	⊕⊕○○ Baja	CRÍTICO
Recurrencia de fractura cortical dorsal (seguimiento: 0-24 meses ; evaluado con : registros de evaluación radiográfica)									
5	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	no es serio	fuerte asociación	En el caso de la <i>osteostixis</i> , solo un estudio indicó que 1 paciente, de los 16 que tenían registros de seguimiento radiográfico, presentó recurrencia de la fractura. De los estudios de fijación con tornillo se registran 1/3 pacientes y 11/103 pacientes con recurrencia de la fractura. Y en el caso del estudio donde se combinan ambas técnicas quirúrgicas, 2/52 pacientes tuvieron recurrencia de la fractura.	⊕⊕○○ Baja	CRÍTICO
Fractura catastrófica (seguimiento: 0-24 meses ; evaluado con : registros médicos)									
5	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	no es serio	fuerte asociación	Ningún estudio reportó fracturas catastróficas.	⊕⊕○○ Baja	CRÍTICO

Reparación radiográfica (seguimiento: 0-24 meses ; evaluado con : registros de seguimiento radiográfico)

5	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	no es serio	fuerte asociación	Osteostix: Hanje et al. sólo hace alusión a la importancia de realizar un seguimiento radiográfico de la reparación de la fractura y de los orificios de perforación para determinar la actividad postoperatoria, sin embargo, no indica el tiempo promedio de sus pacientes, pero en algunos casos los orificios de perforación continuaron siendo perceptibles a las 16-20 semanas postoperatorias; Watt et al. indica que a los 90 días postoperatorios se realizó seguimiento radiográfico, sin entregar nuevamente un tiempo promedio de reparación, y reiniciaron el entrenamiento aún con los orificios de perforación siendo evidentes radiográficamente; Specht y Colaban registran 1-3 meses para la reparación de la fractura y 3-7 meses para la reparación de los orificios de perforación. Fijación con tornillo: un estudio indica 9-12 semanas y el otro 60 días para la reparación de la fractura. El estudio de las técnicas combinadas registra un periodo de 2-2,8 meses para la reparación radiográfica de la fractura a partir del registro de 52/56 equinos.	⊕⊕○○ Baja	CRÍTICO
---	--------------------------	-------	-------------	-------------	-------------	-------------------	---	--------------	---------

Complicaciones postoperatorias (seguimiento: 0-24 meses ; evaluado con : registros de seguimiento postoperatorios)

5	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	no es serio	fuerte asociación	En un estudio de osteostixis se registró inflamación dolorosa, y exudado en dos equinos, y seroma en otro equino, como complicaciones postoperatorias de la zona quirúrgica. El otro estudio de osteostixis indica que en todos los sitios quirúrgicos se desarrolló una mayor inflamación firme, siendo más prominente en el primer mes, pero entre el mes 3-4 postoperatorio, el metacarpo retornó a su aspecto preoperatorio; además, registró un caso con un fragmento de broca que generó inflamación y claudicación al quinto mes postoperatorio. En los estudios de fijación con tornillo no se registran complicaciones. Y en el estudio de las dos técnicas combinadas, se registraron dos equinos con ruptura de fragmento de la broca, que pudo ser removido quirúrgicamente sólo en uno de los ejemplares.	⊕⊕○○ Baja	IMPORTANTE
---	--------------------------	-------	-------------	-------------	-------------	-------------------	--	--------------	------------

(Gradepro, 2021)

Tabla 8: Perfil de evidencia GRADE “Tratamiento alternativo (ODCE y/o BPs)”

Evaluación de certeza							Impacto	Certeza	Importancia
Ne de estudios	Diseño de estudio	Riesgo de sesgo	Inconsistencia	Evidencia indirecta	Imprecisión	Otras consideraciones			

Retorno al entrenamiento (seguimiento: 0-27 meses ; evaluado con : registros de seguimiento post tratamiento)

3	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	serio	fuerte asociación	En los estudios con ondas de choque extracorpóreas (ODCE) el porcentaje de equinos que retornaron al entrenamiento fue entre un 80% a 100%, considerando los registros disponibles de seguimiento. Y en el estudio donde se realizó la terapia combinada el porcentaje de retorno al entrenamiento fue de un 100%.	⊕○○○ Muy baja	CRÍTICO
---	--------------------------	-------	-------------	-------------	-------	-------------------	--	------------------	---------

Retorno a la primera carrera (seguimiento: 0-27 meses ; evaluado con : registros de seguimiento post tratamiento)

3	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	serio	fuerte asociación	Uno de los estudios con ODCE reporta un tiempo de 5 meses de retorno a la primera carrera post tratamiento, y el estudio de las dos terapias combinadas reporta un tiempo de 3,5 meses posterior al diagnóstico de FCD. El otro estudio con ODCE reportó 8 equinos que retornaron a las carreras, sin embargo, no indica el tiempo en que ocurrió esto.	⊕○○○ Muy baja	CRÍTICO
---	--------------------------	-------	-------------	-------------	-------	-------------------	---	------------------	---------

Fractura catastrófica (seguimiento: 0-27 meses ; evaluado con : registros médicos)

3	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	serio	fuerte asociación	Ningún estudio reportó casos de fractura catastrófica en sus pacientes	⊕○○○ Muy baja	CRÍTICO
---	--------------------------	-------	-------------	-------------	-------	-------------------	--	------------------	---------

Recurrencia de FCD (seguimiento: 0-27 meses ; evaluado con : registros de seguimiento radiográfico)

3	estudios observacionales	serio	no es serio	no es serio	serio	fuerte asociación	Sólo el estudio de las terapias combinadas reportó un 17% de recurrencia de FCD en un periodo de 9-15 meses posterior al último tratamiento.	⊕○○○ Muy baja	CRÍTICO
---	--------------------------	-------	-------------	-------------	-------	-------------------	--	------------------	---------

Reparación radiográfica (seguimiento: 0-27 meses ; evaluado con : registros de seguimiento radiográfico)

3	estudios observacionales	serio o	no es serio	no es serio	serio o	fuerte asociación	El estudio de Scheuch et al. reportó que se requirieron 3-4 meses posterior al tratamiento con ODCE para la reparación radiográfica de la línea de fractura, y el estudio de Palmer reportó un periodo de 1-5 meses. En el estudio de terapias combinadas de Carpenter , se reportó un tiempo de 6-7 semanas para la reparación radiográfica de la línea de fractura.	⊕○○○ Muy baja	CRÍTICO
---	--------------------------	--------------------	-------------	-------------	--------------------	-------------------	---	------------------	---------

(Gradepro, 2021)

En cuanto al desarrollo de recomendaciones, se consideró el balance entre beneficios (recuperación de la fractura, retorno al entrenamiento y carreras) y riesgos más importantes (recurrencia de FCD, fractura catastrófica) en el contexto general de los estudios. Para el caso de los tratamientos quirúrgicos, teniendo en cuenta, por un lado, que son terapias ampliamente abordadas en la literatura y aplicadas en la práctica clínica equina para el tratamiento de la FCD de McIII en equinos FSC y, por otro lado, que la evidencia reportada en los estudios da cuenta de que los efectos deseables superan los efectos indeseables, siendo estos últimos muy poco frecuentes, se determinó que ambos tratamientos quirúrgicos tienen recomendación fuerte (grado 1), es decir, la mayoría o todos los pacientes se beneficiarían por el curso de acción recomendado. Sin embargo, los estudios son insuficientes como para recomendar una técnica quirúrgica sobre otra. Respecto a las recomendaciones acerca de las terapias alternativas, teniendo en cuenta las escasas investigaciones específicas de la FCD del McIII en equinos FSC y que en la literatura se discute su verdadera utilidad, se determinó que la evidencia hasta el momento es insuficiente para apoyar decisiones a favor o en contra de estas intervenciones, pero debido a que los resultados de los estudios son prometedores y que son alternativas cada vez más utilizadas en equinos con diferentes patologías musculoesqueléticas, se recomienda fuertemente (grado 1) su uso en investigaciones donde se sugiere compararlas con los tratamientos quirúrgicos y con diferentes protocolos, para así resolver la incertidumbre acerca de su uso óptimo de estas terapias en equinos FSC con FCD del McIII ([Schünemann et al., 2013](#)). En la Tabla 9 se resume la calidad de evidencia, balance de beneficios versus riesgo y grado de recomendación final correspondientes para tratamientos quirúrgicos y tratamientos alternativos, considerando que el grado de recomendación para este último es en el contexto de investigación.

Tabla 9: Grados de recomendación de tratamientos quirúrgicos y alternativos para FCD del McIII en equinos FSC.

Tipo de tratamiento	Calidad de la evidencia	Beneficios versus riesgos	Grado de recomendación
Tratamientos quirúrgicos	⊕⊕○○ Baja	↑↑ Beneficios > riesgos	1C
Tratamientos alternativos	⊕○○○ Muy baja	↑↑ Beneficios > riesgos	1C (sólo para investigaciones)

(Elaboración propia)

La interpretación de los grados de recomendación determinados se realizó en base a la Tabla 1 del sistema GRADE modificado propuesto por Monterola *et al.* (2014), donde se define que el grado de recomendación “1C” coincide con aquellos estudios observacionales o series de casos, donde los beneficios superan claramente los riesgos, por lo tanto, el grado de recomendación es fuerte, pero puede cambiar cuando se disponga de mayor evidencia de calidad. Por lo tanto, en base a la evaluación con el sistema GRADE sobre el tratamiento de FCD del McIII en equinos FSC, por el momento se recomienda fuertemente el uso de tratamientos quirúrgicos, y en cuanto a la aplicación de tratamientos alternativos, como ODCE y BPs, se recomienda fuertemente su uso en investigaciones de esta patología.

Sumado a lo anterior, en este punto se decidió determinar la calidad de las revistas científicas consultadas para realizar la revisión bibliográfica, tanto del objetivo uno, como del objetivo dos, lo que se encuentra indicado en la Tabla 10. Esto se realizó en base al factor de impacto (FI), el cual es un “instrumento para comparar revistas científicas y evaluar la importancia relativa de cada una según las citas recibidas por los artículos que publica” (Universidad de Chile, s.f.). Dichos factores de impacto se pueden obtener de una base multidisciplinar que calcula, de manera sistemática y objetiva, este parámetro, la que recibe el nombre de *Journal Citation Reports* (JRC) (Universidad Autónoma de Madrid, s.f.). A partir del FI, la revista en particular se ubicará en un cuartil determinado para su

categoría. Debido a que no todas las revistas contaron con su FI en el JRC, se buscó también el indicador SJR, que es una alternativa al FI, el que se obtuvo del portal *SCImago Journal & Country Rank*, y que también ubica a la revista en un cuartil para su categoría (Universidad de Chile, s.f.). El cuartil evalúa la importancia relativa que tiene la revista dentro del total de revistas de su área, por lo que se entiende que aquellas en el cuartil 1 (Q1) son las que tienen la mayor repercusión en su comunidad científica, lo que se asocia indirectamente con una mejor calidad (Universidad de Salamanca, s.f.).

<i>Tabla 10: Calidad de revistas científicas consultadas.</i>		
Revista científica	FI (año) (cuartil)	SJR (año) (cuartil)
Animals	1.654 (2017) (Q1)	0.58 (2020) (Q1)
Animal Production Science	1.533 (2020) (Q3)	0.53 (2020) (Q2)
Bone	4.398 (2020) (Q2)	1.35 (2020) (Q1)
Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science	-----	0.19 (2020) (Q3)
Equine Veterinary Journal	2.888 (2020) (Q1)	0.82 (2020) (Q1)
Journal of Musculoskeletal Research	-----	0.12 (2020) (Q4)
Journal of Veterinary Diagnostic Investigation	1.279 (2020) (Q3)	0.53 (2020) (Q2)
BMC Veterinary Research	2.741 (2020) (Q1)	0.85 (2020) (Q1)
Clinical Techniques in Equine Practice	-----	0.61 (2010) (Q1)

Equine Veterinary Journal Supplement	-----	0.12 (2015) (Q4)
Journal of Equine Veterinary Science	1.583 (2020) (Q2)	0.41 (2020) (Q3)
Veterinary Clinics of North America: Equine Practice	1.792 (2020) (Q2)	0.57 (2020) (Q2)
Veterinary Surgery	1.495 (2020) (Q3)	0.65 (2020) (Q1)

. (Elaboración propia a partir de JRC y SJR).

Las únicas revistas que no contaron con FI ni SJR en las bases de datos fue el *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, *The Anatomical Record*, y *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*. Las revistas científicas utilizadas que se encuentran en las bases de datos mencionadas previamente, en base al FI, el 23% se encuentra en Q1 y el 46% en cuartiles medios. Según el SRJ, el 46% se encuentra en Q1, el 38% en cuartiles medios, y un 15% en Q4. Por lo tanto, la repercusión, y calidad indirecta, de las revistas científicas consultadas en esta memoria, es en su mayoría media según el FI, y alta según el SJR.

Comparación de las alternativas terapéuticas de la FCD del McIII en equinos FSC

En base a la información recopilada en la revisión bibliográfica, los resultados de los estudios analizados, y las conclusiones de la evaluación de calidad de evidencia y grados de recomendación, se realizó la siguiente tabla que facilita la comparación de las diferentes alternativas terapéuticas propuestas en la literatura para el tratamiento de la FCD del McIII en equinos FSC (Tabla 11). Al momento de analizar esta tabla, se deben tener ciertas consideraciones. Por un lado, los porcentajes y tiempos indicados son aquellos correspondientes a los estudios disponibles que se analizaron previamente, de manera que su interpretación debe realizarse de forma cuidadosa. Y, por otro lado, los datos obtenidos de estudios en la columna de BPs son resultado de un estudio donde se combina dicho tratamiento con ODCE, por lo tanto, no es seguro que sea completamente certero al realizar el tratamiento con BPs por sí solo.

Tabla 11: Comparación de alternativas terapéuticas para FCD del McIII en equinos FSC.

Tipo de tratamiento	Conservador	Osteostixis	Fijación con tornillo	Ondas de choque extracorpóreas	Bisfosfonatos
Objetivos del tratamiento	Promover la recuperación de la fractura y minimizar el potencial para una fractura catastrófica			Disminuir el dolor, el tiempo de reparación, mejorar las posibilidades de recuperación y retornar al ejercicio más rápido	Restaurar el balance normal de remodelación ósea, y generar efecto analgésico y antiinflamatorio
Tiempo de retorno a carreras	Desde 3 a más de 7 meses	6,9 – 9,4 meses en promedio	8,3 – 11,3 meses en promedio	3,5 meses post diagnóstico – 5 meses post tratamiento en promedio	3,5 meses post diagnóstico en promedio
Porcentaje de éxito	Discutible	82% - 100%	83% - 100%	80% - 100%	100%
Posibilidad de recidiva	Alta tasa de recurrencia	3% - 6% en promedio	11%-33% en promedio	17%	17%
N° estudios (año de publicación)	-----	4 (1990, 1992, 1998, 1999)	3 (1998, 1999, 2010)	3 (2000, 2002, 2012)	1 (2012)
Clasificación GRADE	-----	1C	1C	1C (sólo investigación)	1C (sólo investigación)

(Elaboración propia)

DISCUSIÓN

En cuanto a la etiología de la FCD, Nunamaker, (2011), Couch y Nielsen, (2017), y Ortued y Bertone, (2020), coinciden en que la raza con mayor prevalencia de esta patología es el FSC, probablemente por aspectos relacionados con el tipo de entrenamiento al que se someten y a la temprana edad en que inician su carrera deportiva, ya que reconocen que el McIII en crecimiento es más débil y, por ende, más susceptible al microdaño por estrés. Si bien Couch y Nielsen (2017), establecen una posible relación del sexo con la susceptibilidad de presentar esta patología, no existen datos objetivos que respalden esto. Moreira *et al.*, (2012) y Couch y Nielsen, (2017), relacionan la geometría del hueso, particularmente el largo, con la magnitud de la carga de flexión y, por lo tanto, con las tensiones máximas del McIII. Mientras que McCormack *et al.*, (2012), Selim *et al.*, (2017), y Golastein *et al.*, (2020), aseguran que las tensiones podrían ser mayores producto del grado de mineralización en el hueso cortical; a pesar de los diferentes motivos, los autores coinciden en que mayores tensiones sobre el hueso cortical dorsal del McIII se relacionan con una mayor frecuencia de EMD. Aunque se ha propuesto que el material, las curvas, y la dirección de la pista de entrenamiento y carrera, pueden tener relación con el desarrollo de la FCD, los autores se contradicen y, debido a las limitaciones de los estudios relacionados, no se puede establecer una asociación clara entre estos aspectos y la presentación de FCD. Por otro lado, Couch y Nielsen, (2017), y Rogers *et al.*, (2020), reconocen que es fundamental el ejercicio libre de los potrillos para asegurar el desarrollo óseo adecuado, mientras que el someterlos a ejercicio forzado puede ser perjudicial, y la falta de ejercicio antes de la venta y en el preentrenamiento genera cambios óseos que son negativos desde el punto de vista del desarrollo de la FCD. El entrenamiento es sin duda uno de los aspectos más relevantes y discutidos respecto a esta patología, donde prácticamente todos los autores lo mencionan en mayor o menor medida, debido a que la adaptación del McIII será diferente según el tipo de entrenamiento. Si bien existe discusión, el protocolo de entrenamiento que es actualmente más aceptado y que es propuesto por diferentes autores, como Golastein *et al.* (2020), es aquel que incorpora dentro de la sesión de entrenamiento, trabajos cortos de alta intensidad, que aumentan gradualmente en frecuencia, ya que esto permitiría un cambio adaptativo más controlado del McIII y, por lo tanto, reduciría el

riesgo de desarrollar la FCD. Finalmente, autores como Stover, (2015) asocian la velocidad con un mayor daño óseo debido al tipo de tensión que desencadena en el McIII, sin embargo, es un aspecto aún en discusión.

Respecto a la patogenia, varios autores, como Lumsden, (2010), Stover (2015), Couch y Nielsen, (2017), Johnston *et al.*, (2020), Markel, (2020), y Ortued y Bertone, (2020), coinciden en que el tipo de ejercicio que realiza el FSC genera cargas que resultan en tensiones que se concentran en el hueso cortical dorsal del McIII, y que tanto factores relacionados al equino, como aquellos relacionados con la capacidad de respuesta del hueso, contribuyen a que dichas tensiones resulten en microdaño por estrés. Es reconocido que el ejercicio de alta velocidad causa una disminución de la rigidez del hueso y que la respuesta de modelación ósea que se desencadena no es uniforme, si no que se genera sobre la corteza dorsomedial, debido a la distribución de las tensiones sobre el hueso. Nixon *et al.*, (2020) asegura que la rápida aposición de hueso tipo periosteal se considera patológico, sin embargo, este concepto se discute, ya que parece ser una respuesta adaptativa que busca mantener las tensiones dentro de límites seguros. Plevin y Mclellan, (2013), indican que en este proceso el periostio se eleva e inflama, lo que genera los signos clínicos de PMD, pero esto también se podría discutir, particularmente respecto al dolor que presenta el equino, ya que, como menciona Cruz, (2017), y Frisbie *et al.*, (2010), bajo cargas cíclicas existe un desbalance entre la acción de osteoblastos y osteoclastos, lo que genera una resorción ósea activa, proceso que genera dolor. Autores, como Nunamaker, (2011), reconocen que esta adaptación genera cambios en las propiedades geométricas del hueso que favorecen la acumulación de microdaño en la corteza dorsolateral. Lumsden, (2010), y Mckinnon *et al.*, (2014) aseguran que, si el equino con PMD continúa con el entrenamiento, este microdaño se puede propagar y fusionar, generando la FCD, ya que en esta situación no se dan las condiciones para una remodelación y modelación ósea adecuada. Lo anterior permite comprender por qué la presentación de PMD se presenta en la corteza dorsomedial, y la FCD en la corteza dorsolateral. A partir de lo anterior, se puede desprender que se puede prevenir el desarrollo de la FCD en equinos con PMD sometiendo al equino a reposo, ya que, como señala Markel, (2020), de esta forma la respuesta de modelación ósea y remodelación osteoblástica evitaría la propagación del microdaño o de microfracturas y

favorecería su reparación. Probablemente una de las consecuencias potenciales más relevantes es que, como asegura Lumsden, (2010), y Couch y Nielsen, (2017), si no se controlan las microfracturas o la FCD, se puede desencadenar una fractura catastrófica del McIII, lo que puede comprometer la carrera deportiva o incluso la vida del ejemplar.

El objetivo de todas las alternativas terapéuticas de la FCD, como señala Nixon *et al.* (2020a), es permitir una recuperación lo más rápida posible del ejemplar. Aunque no hay estudios sobre el tratamiento conservador, probablemente por el prolongado tiempo requerido, en cierta medida se puede asegurar que no es la alternativa ideal, ya que, tal como indican Lumsden, (2010), Caston y Reinertson, (2007), y Carpenter (2012), la reparación de la fractura puede tardar mucho tiempo e incluso puede haber recidivas producto de una reparación inadecuada.

En cuanto a los tratamientos quirúrgicos, todos los autores aseguran que son considerados como el tratamiento de elección o el que se realiza con mayor frecuencia; la principal justificación para esto, respaldada por Richardson, (2012), es que permitiría una recuperación más rápida; sin embargo, esto se puede discutir, ya que en base a los estudios de Specht y Colahan, (1990), Hanie *et al.*, (1992), Watt *et al.* (1998), Dallap *et al.* (1999), Jalim *et al.*, (2010), y lo que asegura Carpenter (2012), el tiempo de retorno a las carreras puede ser extenso, en promedio sobre 6,9 meses para la OST y sobre 8,3 meses para la FT. Aunque los mecanismos de acción no están completamente entendidos, todas las teorías apuntan a acelerar los procesos fisiológicos de reparación de la fractura. Las técnicas quirúrgicas están completamente descritas, con pequeñas variaciones según preferencias específicas del cirujano. Por lo general, como concluye el estudio de Watt *et al.*, (1998), se prefiere optar por la OST sobre la FT, únicamente porque la primera no requiere de una segunda intervención, situación que suele ser transversal para la mayoría de los autores. Por otro lado, autores como Lumsden, (2010), Orsini, (2012), y Richardson, (2012), indican que la combinación de las técnicas quirúrgicas es más segura debido a un menor índice de recurrencia; sin embargo, sólo el estudio de Dallap *et al.*, (1999), realiza esta combinación, lo que no permite concluir las mismas aseveraciones de los autores mencionados previamente. Como no existen más estudios actualizados, no se puede establecer con

certeza que la combinación sea una mejor opción que la realización de las técnicas de forma independiente.

Respecto a los BP, se discute seriamente su verdadera utilidad y si es seguro administrarlo en equinos FSC con FCD. Hay escasos estudios del efecto de los BP no nitrogenados en el hueso del equino, los cuales se contradicen en sus conclusiones, llevando a la interrogante del verdadero efecto que tendrían los BP en la FCD. Las principales preocupaciones acerca del uso de este fármaco en equinos FSC jóvenes son dos: (1) como asegura Lepage (2010), Duesterdieck-Zellmer (2016), Mclellan (2018), y Koch y Goodrich (2020), no se conoce el efecto sobre el esqueleto del equino en crecimiento, pero se cree que podría ser perjudicial, y (2) autores como Mitchell *et al.* (2019) indican que se genera principalmente un efecto analgésico y, como menciona Suva *et al.*, (2021), incluso entorpece la reparación de microdaños y de fracturas por estrés, lo que puede significar un riesgo para una fractura potencialmente catastrófica. Debido a que existe sólo un estudio donde se incorporan BP en un tratamiento combinado de FCD con ODCE, y que, como menciona Duesterdieck-Zellmer (2016) y Mclellan (2018), los estudios mejor reportados de BP son en equinos adultos y en otras patologías, no se puede realizar una recomendación segura de su uso en el tratamiento de la FCD; y en base a conclusiones de la literatura, incluso se podría determinar que no se recomiendan en absoluto en esta patología específica.

El mecanismo de acción de las ODCE en casos de fracturas por estrés sigue en discusión. McClure *et al.* (2004), Da Costa Gómez *et al.* (2004), Siedler y Buchner (2009), y Schlachter y Lewis (2016) reportan que las ODCE generan estimulación osteogénica y de remodelación ósea; además, Da Costa de Gómez *et al.* (2004), Schlachter y Lewis (2016), y Koch y Goodrich (2020) reportan un efecto analgésico. Esto último es lo que genera mayor discusión, ya que, al igual que los BP, su uso en equinos FSC con FCD puede predisponer a una fractura catastrófica del McIII. Debido a esto último, y que hay limitados estudios en equinos con FCD, se sigue discutiendo si la terapia con ODCE es de utilidad y segura para tratar esta patología. Si bien el estudio de Carpenter (2012) sobre la combinación de tratamientos alternativos y una modificación del protocolo de entrenamiento es el que tiene mejores resultados en cuanto a tiempo de retorno a las carreras, no es suficiente evidencia

para recomendarlo sobre los tratamientos quirúrgicos; además, no se sabe cuál es la terapia dentro de este protocolo más crítica, limitación que también es reconocida por el autor.

En base a la comparación realizada de las alternativas terapéuticas, y considerando la opinión de los autores, la alternativa que tiene hasta el momento mayor respaldo científico es la OST, por lo que parece ser la técnica más recomendada para abordar la FCD; sin embargo, hay que tener en consideración que no existen estudios actualizados acerca de este tratamiento quirúrgico. Teniendo en cuenta que la calidad de las revistas científicas donde se han publicado los estudios sobre las alternativas terapéuticas son, en su mayoría, de calidad media-alta, se puede suponer que estos estudios tienen repercusiones importantes para la comunidad científica, lo que de forma indirecta coincidiría con el nivel de calidad concluido por el sistema GRADE para todos los tipos de tratamiento, el cual es de grado 1. Sin embargo, el hecho de que se clasifique como 1C, principalmente debido a que son estudios observacionales, lleva a la conclusión de que se requiere de más estudios de calidad para obtener conclusiones certeras.

Un aspecto importante para discutir es el protocolo de entrenamiento a utilizar posterior a cualquier tratamiento, ya que, como asegura Palmer, (2002), uno de los principales problemas en el tratamiento de la FCD es la recidiva o incluso la fractura catastrófica del McIII, frente a lo cual cobra importancia que las cargas que reciba el hueso durante la recuperación sean adecuadas para que el proceso de remodelación ósea ocurra de forma óptima en cuanto a la reparación de la fractura. Por lo general, este no es un aspecto que se aborde con la importancia que requiere como parte del tratamiento de la FCD. En este punto surge la interrogante sobre si sería más importante realizar mayor investigación y conciencia sobre la prevención de la FCD, lo cual se puede abordar comprendiendo el rol del ejercicio en la etiopatogenia de esta patología. En base a esto y las revisiones realizadas en esta memoria, se sugiere que el ejercicio suave se debería iniciar desde el criadero, la posterior venta y el preentrenamiento de los potrillos, lo que es respaldado por los aspectos propuestos por Couch y Nielsen, (2017) respecto a la importancia del ejercicio mínimo durante la crianza y preentrenamiento para evitar la pérdida de densidad mineral ósea que se suele observar en esta etapa. Posteriormente, cobra importancia el protocolo de

entrenamiento implementado, donde la realización de ejercicios de alta velocidad en sesiones cortas y con alta frecuencia, dentro del entrenamiento general, es actualmente lo más recomendado, ya que, como señalan Nunamaker, (2011), y Stover, (2015), la respuesta ósea de estrés depende de la magnitud y trayectoria de las fuerzas aplicadas, y es reconocido que los ejercicios de baja intensidad generan fuerzas de tensión distribuidas en forma más uniforme, mientras que los ejercicios de alta intensidad generan fuerzas de compresión que se concentran en el hueso cortical dorsal. Por lo tanto, este tipo de entrenamiento favorece que la respuesta adaptativa del hueso se genere de forma adecuada, aumentando la rigidez anteroposterior del McIII uniformemente, y genera el tiempo para reparar los microdaños. Como lo anterior son conclusiones obtenidas a partir principalmente de opiniones de autores, además de aspectos biomecánicos del hueso, se sugiere mayor investigación desde el punto de vista preventivo para evitar el desarrollo de la FCD y sus potenciales complicaciones.

CONCLUSIONES

- Es reconocida la alta prevalencia de FCD en equinos FSC jóvenes que están iniciando su entrenamiento y carreras, sin embargo, el porcentaje específico no está determinado.
- El factor de riesgo de la FCD probablemente más reconocido, a pesar de las amplias discusiones, es el entrenamiento al que es sometido el equino, sin una exposición previa a un nivel de ejercicio adecuado; y los factores adicionales pueden incrementar el riesgo de desarrollar la fractura por estrés.
- La patogenia de la FCD se basa principalmente en un desbalance de la remodelación ósea del hueso cortical dorsal del McIII, lo que impide una respuesta ósea adecuada frente a cargas cíclicas repetitivas de alta intensidad.
- Se requiere de investigaciones actualizadas y de calidad acerca de las alternativas terapéuticas para la FCD y una mejor comprensión de sus mecanismos de acción exactos, para así poder compararlas con mayores bases científicas específicas para el contexto de equinos FSC jóvenes.
- En base a la información existente, la mejor alternativa terapéutica para abordar la FCD es la OST.
- Se requiere dar mayor importancia al protocolo de ejercicio post tratamiento para la rehabilitación deportiva del ejemplar.
- Comprendiendo la etiopatogenia y las complicaciones potenciales de los tratamientos disponibles, cobra importancia la investigación de aspectos preventivos para evitar el desarrollo de la FCD.

BIBLIOGRAFÍA

BASSAGE, L.H. 2014. Metacarpus/metatarsus. [en línea] cap. 16. pp. 297-325. **In:** Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete. 2nd Ed. Elsevier, Londres, Inglaterra. < <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4771-8.00016-8> > [consulta: 01-08-2021]

CARPENTER, R.S. 2012. How to Treat Dorsal Metacarpal Disease with Regional Tiludronate and Extracorporeal Shock Wave Therapies in Thoroughbred Racehorses. [en línea]. Proceedings of the 58th Annual Convention of the AAEP. 58: 546-549. < <https://www.ivis.org/library/aaep/aaep-annual-convention-anaheim-2012/how-to-treat-dorsal-metacarpal-disease-regional-tiludronate-and-extracorporeal-shock-wave-therapies> > [consulta: 01-08-2021]

CASTON, S.S.; REINERTSON, E.L. 2007. Evidence-Based Musculoskeletal Surgery in Horses. [en línea]. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 23(2): 461-479. < <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2007.03.004> > [consulta: 07-11-2021]

CERVANTES, C.; MADISON, J.B.; ACKERMAN, N.; REED, W.O. 1992. Surgical treatment of dorsal cortical fractures of the third metacarpal bone in thoroughbred racehorses: 53 cases (1985-1989). J Am Vet Med Assoc 200: 1997 – 2000. (citado por Orsini, J.A. 2012. A Fresh Look at the Process of Arriving at a Clinical Prognosis. Part 4: Fractures. [en línea]. Journal of Equine Veterinary Science 32(3): 129-138. < <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2012.01.001> > [consulta: 02-11-2021]

COUCH, S.; NIELSEN, B.D. 2017. A review of dorsal metacarpal disease (bucked shins) in the flat racing horse: prevalence, diagnosis, pathogenesis, and associated factors. [en línea]. Journal of Dairy, Veterinary and Animal Research 5(6): 228-236. < <http://dx.doi.org/10.15406/jdvar.2017.05.00166> > [consulta: 01-08-2021]

CRAWFORD, K.L.; FINNANE, A.; PHILLIPS, C.J.C.; GREER, R.M.; WOLDEYOHANNES, S.M.; PERKINS, N.R.; KIDD, L.J.; AHERN, B.J. 2021. The Risk Factors for Musculoskeletal Injuries in Thoroughbred Racehorses in Queensland, Australia: How These Vary for Two-Year-Old and Older Horses and with Type of Injury.

[en línea]. *Animals* 11(2): 270-297. < <https://doi.org/10.3390/ani11020270> > [consulta: 05-10-2021]

CRUZ, A.M. 2017. Bone Adaptation to Exercise. **In:** NAVC Conference Proceedings, Orlando, Florida, 4-8 Febrero 2017. North American Veterinary Community. pp. 85-87. [consulta: 01-08-2021]

DA COSTA GÓMEZ, T.M.; RADTAKE, C.L.; KALSCHEUR, V.L.; SWAIN, C.A.; SCOLLAY, M.C.; EDWARDS, R.B.; SANTSCHI, E.M.; MARKEL, M.D.; MUIR, P. 2004. Effect of Focused and Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy on Equine Bone Microdamage. [en línea]. *Veterinary Surgery* 33(1): 49-55. < <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.2004.040005.x> > [consulta: 04-11-2021]

DALLAP, B.L.; BRAMLAGE, L.R.; EMBERTSON, R.M. 1999. Results of screw fixation combined with cortical drilling for treatment of dorsal cortical stress fractures of the third metacarpal bone in 56 Thoroughbred racehorses. [en línea]. *Equine Veterinary Journal* 31(3): 253-257. < <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb03182.x> > [consulta: 13-11-2021]

DUESTERDIECK-ZELLMER, K.F. 2016. Review of Bisphosphonate Use in Horses. **In:** Proceedings of the 62nd Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, Orlando, Florida, 3-7 Diciembre 2016. American Association of Equine Practitioners. pp. 371-378. [consulta: 02-11-2021]

FACKELMAN, G.E.; NUNAMAKER, D.M. 1982. Fractures Amenable to Treatment by Lag Screw Fixation. [en línea]. cap. 4. pp. 37-66. **In:** Manual of Internal Fixation in the Horse. Springer-Verlag, Berlin, Alemania. < <https://doi.org/10.1007/978-3-642-81469-3> > [consulta: 12-11-2021]

FRISBIE, D.D.; MC ILWRAITH, C.W.; ARTHUR, R.M.; BLEA, J.; BAKER, V.A.; BILLINGHURST, R.C. 2010. Serum biomarker levels for musculoskeletal disease in two- and three-year-old racing Thoroughbred horses: A prospective study of 130 horses. [en línea]. *Equine Veterinary Journal* 42(7): 643-651. < <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00123.x> > [consulta: 10-10-2021]

GOLDSTEIN, D.M.; ENGILES, J.B.; REZABEK, G.B.; RUFF, C.B. 2020. Locomotion on the Edge: Structural properties of the third metacarpal in Thoroughbred and Quarter Horse racehorses and feral Assateague Island ponies. [en línea]. The Anatomical Record (Hoboken) 304(4): 771-786. < <https://doi.org/10.1002/ar.24485> > [consulta: 06-10-2021]

GRADEpro GDT. 2021. Guideline Development Tool Software. [en línea]. < <https://gradepro.org/> > [consulta: 22-11-2021]

HANIE, E.A.; SULLINS, K.E.; WHITE, N.A. 1992. Follow-up of 28 horses with third metacarpal unicortical stress fractures following treatment with osteostixis. [en línea]. Equine Veterinary Journal (11): 5-9. < <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1992.tb04762.x> > [consulta: 09-11-2021]

HUBERT, J.D.; BURBA, D.J.; BOLT, D.M.; BLACKMER, J.M.; HOSGOOD, G. 2003. Changes in Bone Properties after Extracorporeal Shock Wave Application to the Third Metacarpus of Horses. **In:** Veterinary Orthopedic Society, Steamboat Springs, Colorado, Febrero 2003. < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.544.5525&rep=rep1&type=pdf> > [consulta: 03-11-2021]

JALIM, S.L.; MCILWRAITH, C.W.; GOODMAN, N.L.; ANDERSON, G.A. 2010. Lag screw fixation of dorsal cortical stress fracture of the third metacarpal bone in 116 racehorses. [en línea]. Equine Veterinary Journal 42(7): 586-590. < <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00071.x> > [consulta: 10-11-2021]

JOHNSTON, A.S.; SIDHU, A.B.S.; RIGGS, C.M.; VERHEYEN, K.L.P.; ROSANOWSKI, S.M. 2020. The effect of stress fracture occurring within the first 12 months of training on subsequent race performance in Thoroughbred in Hong Kong. [en línea]. Equine Veterinary Journal 53(3): 460-468. < <https://doi.org/10.1111/evj.13324> > [consulta: 18-10-2021]

KOCH, D.W.; GOODRICH, L.R. 2020. Principles of Therapy for Lameness. cap. 8. **In:** Baxter, G.M. Adams and Stashak's Lameness in Horses. 7nd. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, Estados Unidos. pp. 875-947. [consulta: 02-11-2021]

LEPAGE, O.M. 2010. Critical review of the clinical use of tiludronate in horses. **In:** Proceedings, 3rd World Veterinary, Orthopaedic Congress, Bologna, Italy, 15-18 Septiembre 2010. European Society of Veterinary Orthopaedics and Traumatology. pp. 223-225. [consulta: 01-08-2021]

LOGAN, A.A.; NIELSEN, B.D. 2021. Training Young Horses: The Science behind the Benefits. [en línea]. Animals 11(2): 463-476. < <https://doi.org/10.3390/ani11020463> > [consulta: 01-08-2021]

LOPEZ, M.J. 2019. Bone Biology and Fracture Healing. [en línea] cap. 75. pp. 1255-1269. **In:** Equine Surgery. 5th Ed. Elsevier, Missouri, Estados Unidos. < <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-48420-6.00075-2> > [consulta: 01-08-2021]

LUMSDEN, J. 2010. Stress Fractures in the Racehorse. **In:** Proceedings of the 32nd Bain Fallon Memorial Lectures: Reproduction, surgery, critical care, lameness. New South Wales, Australia, 12-16 Julio 2010. Equine Veterinarians Australia St. pp. 22-33. [consulta: 10-08-2021]

MACKINNON, M.C.; BONDER, D.; BOSTON, R.C.; ROSS, M.W. 2015. Analysis of stress fractures associates with lameness in Thoroughbred flat racehorses training on different track surfaces undergoing nuclear scintigraphic examination. [en línea]. Equine Veterinary Journal 47(3): 296-301. < <https://doi.org/10.1111/evj.12285> > [consulta: 04-10-2021]

MANTEROLA, C.; OTZEN, T. 2014. Estudios Observacionales. Los Diseños Utilizados con Mayor Frecuencia en Investigación Clínica. [en línea]. International Journal of Morphology 32(2): 634-645. < <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000200042> > [consulta: 29-11-2021]

MANTEROLA, C.; ASENJO-LOBOS, C.; OTZEN, T. 2014. Jerarquización de la evidencia. Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. [en línea].

Revista chilena de infectología 31(6): 705-718. < <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000600011> > [consulta: 04-08-2021]

MARTIG, S.; CHEN, W.; LEE, P.V.S.; WHITTON, R.C. 2014. Bone fatigue and its implications for injuries in racehorses. [en línea]. Equine Veterinary Journal 46(4): 408-415- < <https://doi.org/10.1111/evj.12241> > [consulta: 05-10-2021]

MARKEL, M.D. 2020. Fracture Biomechanics. [en línea]. cap. 2. pp. 12-23. **In:** Equine Fracture Repair. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., Nueva Jersey, Estados Unidos. < <https://doi.org/10.1002/9781119108757.ch2> > [consulta: 06-10-2021]

MARKELL, R.; SAVIOLA, G.; BARKER, E.A.; CONWAY, J.D.; DUJARDIN, C. 2020. What Do We Know About Clodronate Now? A Medical and Veterinary Perspective. [en línea]. Journal of Equine Veterinary Science 88: 102874 < <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102874> > [consulta: 17-11-2021]

MCCLURE, S.R.; VAN SICKLE, D.; WHITE, M.R. 2004. Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy on Bone. [en línea]. Veterinary Surgery 33(1): 40-48. < <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.2004.04013.x> > [consulta: 07-11-2021]

MCCLURE, S.; WEINBERGER, T. 2004. Extracorporeal Shock Wave Therapy: Clinical Applications and Regulation. [en línea]. Clinical Techniques in Equine Practice 2(4): 358-367. < <https://doi.org/10.1053/j.ctep.2004.04.007> > [consulta: 09-11-2021]

MCCORMACK, J.; STOVER, S.M.; GIBELING, J.C.; FYHRIE, D.P. 2012. Effects of mineral content on the fracture properties of equine cortical bone in double-notched beams. [en línea]. Bone 50(6): 1275-1280. < <https://doi.org/10.1016/j.bone.2012.02.018> > [consulta: 06-10-2021]

MACLELLAN, J. 2018. Review of Bisphosphonate Use in the Racehorse: Magic Bullet or Russian Roulette?. **In:** 64th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, San Francisco, California, 1-5 Diciembre 2018. American Association of Equine Practitioners. pp. 221-227. [consulta: 02-11-2021]

MITCHELL, A.; WATTS, A.E.; EBETINO, F.H.; SUVA, L.J. 2019. Bisphosphonate use in the horse: what is Good and what is not?. [en línea]. BMC Veterinary Research 15(1): 211. < 10.1186/s12917-019-1966-x > [consulta: 02-11-2021]

MOREIRA, R.C.; PEREIRA C.A.M.; FRAZAO, P.J.R.; SELIM, M.B.; CORREIA DA SILVA, L.C.L; DO VALLE DE ZOPPA, A.L. 2012. Evaluation of bone biomechanical properties in different regions of the equine third metacarpus. [en línea]. Journal of Musculoskeletal Research 15(3): 1-10. < <https://doi.org/10.1142/S0218957712500170> > [consulta: 06-10-2021]

NIXON, A.J.; STOVER, S.; NUNAMAKER, D. 2020a. Third Metacarpal Dorsal Stress Fracture. [en línea]. cap. 25. pp. 452-464. **In:** Equine Fracture Repair. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., Nueva Jersey, Estados Unidos. < <https://doi.org/10.1002/9781119108757.ch25> > [consulta: 19-10-2021]

NIXON, A.J.; AUER, J.A.; WATKINS, J.P. 2020b. Principles of Fracture Fixation. [en línea]. cap. 9. pp. 127-155. **In:** Equine Fracture Repair. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., Nueva Jersey, Estados Unidos. < <https://doi.org/10.1002/9781119108757.ch9> > [consulta: 13-11-2021]

NUNAMAKER, D.M. 2011. The Bucked-Shin Complex. Etiology, Pathogenesis, and Conservative Management. [en línea] cap. 102. pp. 953-960. **In:** Diagnosis and Management of Lameness in the Horse. 2nd Ed. Elsevier, Missouri, Estados Unidos. < <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6069-7.00102-4> > [consulta: 01-08-2021]

ORSINI, J.A. 2012. A Fresh Look at the Process of Arriving at a Clinical Prognosis. Part 4: Fractures. [en línea]. Journal of Equine Veterinary Science 32(3): 129-138. < <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2012.01.001> > [consulta: 02-11-2021]

ORTUED, K.F.; BERTONE, A.L. 2020. Lameness of the Distal Limb: The Metacarpus and Metatarsus. cap. 4. **In:** Baxter, G.M. Adams and Stashak's Lameness in Horses. 7nd. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, Estados Unidos. pp. 439-596. [consulta: 01-08-2021]

O’SULLIVAN, C.B.; LUMSDEN, J.M. 2014. Veterinary aspects of training Thoroughbred racehorses. [en línea] cap. 48. pp. 1013-1036. **In:** Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete. 2nd Ed. Saunders, Elsevier. < <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4771-8.00048-X> > [consulta: 20-07-2021]

PAGE, M.J.; MCKENZIE, J.E.; BOSSUYT, P.M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T.C.; MULROW, C.D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J.M.; AKL, E.A.; BRENNAN, S.E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J.M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M.M; LI, T.; LODER, E.W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L.A.; STEWART, L.A.; THOMAS, J.; TRICCO, A.C.; WELCH, V.A.; WHITING, P.; MOHER, D. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. [en línea]. BMJ 372(71): 1-9. < <https://doi.org/10.1136/bmj.n71> > [consulta: 04-08-2021]

PALMER, S.E. 2002. Treatment of Dorsal Metacarpal Disease in the Thoroughbred Racehorse with Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy. [en línea]. **In:** Proceedings of the Annual Convention of the AAEP 2002 48: 318-321. < <https://www.ivis.org/sites/default/files/library/aaep/2002/910102000318.PDF> > [consulta: 17-11-2021]

PATTERSON-KANE, J.C.; FIRTH, E.C. 2014. Tendon, Ligament, Bone and Cartilage: Anatomy, Physiology, and Adaptations to Exercise and Training. [en línea] cap. 13. pp. 202-242. **In:** The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine. 2nd Ed. Elsevier, Missouri, Estados Unidos. < <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00022-8> > [consulta: 10-08-2021]

PLEVIN, S.; MCLELLAN, J. 2013. Does periosteal scraping of the third metacarpal bone reduce the incidence of “bucked shins” in young Thoroughbred racehorses? [en línea]. Equine Veterinary Journal 46(5): 560-566. < <https://doi.org/10.1111/evj.12197> > [consulta: 06-10-2021]

RICHARDSON, D.W. 2012. Dorsal Cortical Fractures – Screw, Drill or Both?. [en línea]. < <https://www.acvs.org/files/proceedings/2012/data/papers/016.pdf> > [consulta: 04-11-2021]

ROGERS, C.W.; BOLWELL, C.F.; GEE, E.K.; ROSANOWSKI, S.M. 2020. Equine musculoskeletal development and performance: impact of the production system and early training. [en línea]. *Animal Production Science* 60(18): 2069-2079. < <http://dx.doi.org/10.1071/AN17685> > [consulta: 06-10-2021]

RUGGLES, A.J. 2011. The Bucked-Shin Complex. Stress Fractures of the Third Metacarpal Bone: Surgical Management. [en línea] cap. 102. pp. 953-960 **In:** *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. 2nd Ed. Elsevier, Missouri, Estados Unidos. < <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6069-7.00102-4> > [consulta: 01-08-2021]

SCHEUCH, B.; WHITCOMB, B.; GALUPPO, L.; SNYDER, J.; ROSE, J. 2000. Clinical Evaluation of High-Energy Extracorporeal Shock Wave on Equine Orthopedic Injuries. **In:** 20th Annual Meeting of the Association for Equine Sports Medicine, New Brunswick, New Jersey, 9-12 Septiembre. < https://www.researchgate.net/profile/Larry-Galuppo/publication/266370713_Clinical_Evaluation_of_High-Energy_Extracorporeal_Shock_Waves_on_Equine_Orthopedic_Injuries/links/569ea95a08ae2c638eb58b4b/Clinical-Evaluation-of-High-Energy-Extracorporeal-Shock-Waves-on-Equine-Orthopedic-Injuries.pdf > [consulta: 03-11-2021]

SCHLACHTER, C.; LEWIS, C. 2016. Electrophysical Therapies for the Equine Athlete. [en línea]. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 32(1): 127-147. < <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2015.12.011> > [consulta: 07-11-2021]

SCHRAMME, M.C.A.; LABENS, R. 2013. Orthopaedics 2: Diseases of the foot and distal limbs. [en línea]. cap. 16. pp. 329-368. **In:** *Equine Medicine, Surgery and Reproduction*. 2nd Ed. Saunders, Elsevier. < <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-2801-4.00016-X> > [consulta: 07-10-2021]

SCHÜNEMANN, H.; BROZEK, J.; GUYATT, G.; OXMAN, A. 2013. Manual GRADE para calificar la calidad de la evidencia y la fuerza de recomendación. [en línea]. < <http://gdt.guidelinedevelopment.org/app/handbook/handbook.html> > [consulta: 19-11-2021]

SELIM, M.B.; MOTA, T.; ABURAYA, J.H.; VECHIATO, T.A.; DE ZOPPA, A.L. 2012. Evaluation of the macroelemental composition of the equine third metacarpal bone. [en línea]. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science 49(3): 210-214. < <http://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.v49i3p210-214> > [consulta: 06-10-2021]

SIEDLER, C.; BUCHNER, H.H.F. 2009. Effectiveness of shock wave therapy in equine orthopaedic diseases: a review. [en línea]. Wiener Tierärztliche Monatsschrift 96(11): 262-271. < https://center.ssi.at/smart_users/uni/user94/explorer/43/WTM/Archiv/2009/WTM_11-12-2009_Artikel_1.pdf > [consulta: 07-11-2021]

SPECHT, T.E.; COLAHAN, P.T. 1990. Osteostixis for Incomplete Cortical Fracture of the Third Metacarpal Bone. Results in 11 Horses. [en línea]. Veterinary Surgery 19(1): 34-40. < <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.1990.tb01140.x> > [consulta: 12-11-2021]

STOVER, S.M. 2015. Stress Fracture Diagnosis in Racehorses. [en línea]. cap. 202. pp. 879-885. **In:** Robinson's Current Therapy in Equine Medicine. 7nd Ed. Elsevier, Missouri, Estados Unidos < <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-4555-5.00202-8> > [consulta: 12-10-2021]

STOVER, S.M. 2017. Nomenclature, classification, and documentation of catastrophic fractures and associated preexisting injuries in racehorses. [en línea]. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 29(4): 396-404. < <https://doi.org/10.1177/1040638717692846> > [consulta: 06-10-2021]

SUVA, L.J.; COOPER, A.; WATTS, A.B.; EBETINO, F.H.; PRICE, J.; GADDY, D. 2021. Bisphosphonates in veterinary medicine: The new horizon for use. [en línea]. Bone 142: 115711. < <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115711> > [consulta: 02-11-2021]

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID. s.f. Journal Citation Reports (JCR). [en línea]. < <https://biblioguias.uam.es/tutoriales/jcr> > [consulta: 12-01-2022]

UNIVERSIDAD DE CHILE. s.f. Factor de Impacto de Revistas Científicas. [en línea]. < <https://www.uchile.cl/portal/informacion-y-bibliotecas/ayudas-y-tutoriales/100176/factor-de-impacto-de-revistas-cientificas> > [consulta: 08-01-2022]

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA. s.f. Apoyo a la Investigación. Factor de Impacto. [en línea]. < <https://bibliotecas.usal.es/factor-de-impacto> > [consulta: 13-01-2022]

WATT, B.C.; FOERNER, J.J.; HAINES, G.R. 1998. Incomplete Oblique Sagittal Fractures of the Dorsal Cortex of the Third Metacarpal Bone in Six Horses. [en línea]. Veterinary Surgery 27(4): 337-341. < <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1998.tb00136.x> > [consulta: 10-11-2021]