



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA APLICACIÓN PERMANENTE DE  
CINCHOS DE PLÁSTICO EN CERCLAJE DE FRACTURAS OBLICUAS  
DIAFISIARIAS DEL FÉMUR EN EL PERRO**

TESIS QUE PRESENTA

**P MVZ JOSE LUIS TELLEZ ARREOLA**

PARA OBTENER EL TITULO DE

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

ASESOR

**MVZ Esp. ANA MARÍA RÍOS ALANÍS**

COASESORES

**MVZ MS. MANUEL HERNÁNDEZ MORENO**

**MVZ M.C. RUY ORTIZ RODRÍGUEZ**

Morelia, Michoacán. Agosto 2011.

## **INDICE**

|                             | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------|-------------|
| <b>RESUMEN</b>              | <b>1</b>    |
| <b>INTRODUCCION</b>         | <b>3</b>    |
| <b>HIPOTESIS</b>            | <b>12</b>   |
| <b>OBJETIVOS</b>            | <b>12</b>   |
| <b>MATERIALES Y METODOS</b> | <b>13</b>   |
| <b>RESULTADOS</b>           | <b>25</b>   |
| <b>DISCUSIÓN</b>            | <b>34</b>   |
| <b>CONCLUSIONES</b>         | <b>42</b>   |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b>         | <b>44</b>   |

## **INDICE DE TABLAS Y FIGURAS**

|                                                                                                                                                                                                                    | <b>Pág.</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tabla 1: Índice de movilidad de acuerdo a la recuperación de los movimientos de la extremidad.</b>                                                                                                              | <b>24</b>   |
| <b>Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados para índice de movilidad (IM), apoyo de la extremidad en estática (AEE) y apoyo de la extremidad en dinámica (AED) de acuerdo al peso del perro y días postoperatorios</b> | <b>26</b>   |
| <b>Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados para índice de movilidad (IM) de acuerdo al método de esterilización de los cinchos de plástico.</b>                                                                       | <b>27</b>   |
| <b>Tabla 4. Medias de mínimos cuadrados para presencia de aire Postquirúrgico (AP) de acuerdo a los días postoperatorios.</b>                                                                                      | <b>28</b>   |
| <b>Tabla 5. Medias de mínimos cuadrados para reacción periosteal (RP) de acuerdo a los días postoperatorios.</b>                                                                                                   | <b>29</b>   |
| <b>Tabla 6. Medias de mínimos cuadrados para presencia de callo óseo (PC) de acuerdo a los días postoperatorios.</b>                                                                                               | <b>30</b>   |
| <b>Tabla 7. Medias de mínimos cuadrados para movimiento de fragmentos (MF) de acuerdo al método de esterilización de los cinchos de plástico.</b>                                                                  | <b>31</b>   |
| <b>Figura 1. Cerclaje completo y Hemicerclaje.</b>                                                                                                                                                                 | <b>10</b>   |
| <b>Figura 2. Cerclaje convencional.</b>                                                                                                                                                                            | <b>10</b>   |
| <b>Figura 3. Cerclajes (lazada simple, doble lazada, doble cerclaje Lazada-torsion)</b>                                                                                                                            | <b>11</b>   |
| <b>Figura 4. Tensor con ojal de dos cigüeñas y tensor doble lazada</b>                                                                                                                                             | <b>11</b>   |
| <b>Figura 5. Sierra eléctrica inalámbrica multimaster (Jorvet)</b>                                                                                                                                                 | <b>14</b>   |
| <b>Figura 6. Cinchos de nylon de 6.00"x0.13"x 0.055" (Garner Bender)</b>                                                                                                                                           | <b>14</b>   |
| <b>Figura 7. Tensador de cinchos (Gardner bender)</b>                                                                                                                                                              | <b>14</b>   |

|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 8. Antisepsia con gasas con yodopovidona espuma.</b>                                                              | <b>16</b> |
| <b>Figura 9. Colocación de toallas de campo base.</b>                                                                       | <b>16</b> |
| <b>Figura 10. Descolgamiento del miembro y aplicación de la media Stockinette.</b>                                          | <b>16</b> |
| <b>Figura 11. Colocación de la sabana hendida.</b>                                                                          | <b>16</b> |
| <b>Figura 12. Corte de la media Stockinette.</b>                                                                            | <b>17</b> |
| <b>Figura 13. Incisión en la piel.</b>                                                                                      | <b>17</b> |
| <b>Figura 14. Sutura del plano subcuticular a la media Stoquinette.</b>                                                     | <b>17</b> |
| <b>Figura 15. Incisión de la fascia lata.</b>                                                                               | <b>18</b> |
| <b>Figura 16. Disección atraumática del musculo gran aductor.</b>                                                           | <b>18</b> |
| <b>Figura 17. Taponamiento con gasas para aislar el hueso fémur y separación de los músculos con el separador flexible.</b> | <b>18</b> |
| <b>Figura 18. Corte distal de la diáfisis del fémur.</b>                                                                    | <b>19</b> |
| <b>Figura 19. Corte proximal de la diáfisis del fémur.</b>                                                                  | <b>19</b> |
| <b>Figura 20. Unión de los cortes mediante un corte en el centro de la diáfisis del fémur.</b>                              | <b>20</b> |
| <b>Figura 21. Fractura oblicua de la diáfisis del fémur.</b>                                                                | <b>20</b> |
| <b>Figura 22. Separación de la fractura empleando un osteotomo.</b>                                                         | <b>20</b> |
| <b>Figura 23. Sujeción de los fragmentos fracturados con pinzas Kern.</b>                                                   | <b>20</b> |
| <b>Figura 24. Alineación de la fractura.</b>                                                                                | <b>20</b> |
| <b>Figura 25. Colocación de tres cinchos de nylon.</b>                                                                      | <b>20</b> |
| <b>Figura 26. Apretado manual de los cinchos de nylon.</b>                                                                  | <b>20</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 27. Tensado de los cinchos con tensador especial.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>21</b> |
| <b>Figura 28. Corte de los cinchos con alicato para alambre ortopédico.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>21</b> |
| <b>Figura 29. Lavado de los tejidos con solución salina y aspirado de la Solución con cánula de Yankauer.</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>22</b> |
| <b>Figura 30. Retiro de la sutura del plano subcuticular y media Stockinette.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>22</b> |
| <b>Figura 31. Rafia de la fascia lata y el borde craneal del músculo bíceps femoral.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>22</b> |
| <b>Figura 32. Sutura del plano subcuticular.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>22</b> |
| <b>Figura 33. Sutura de la piel.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>22</b> |
| <b>Figura 34. Corte del clavo intramedular con una alicata.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>23</b> |
| <b>Figura 35. Exposición mediolateral(A) y (B). Donde se aprecia la presencia de aire postquirúrgico al día 28 (A) postoperatorio y 56 (B) postoperatorio se observa una mínima presencia de aire.</b>                                                                                                                                                                  | <b>29</b> |
| <b>Figura 36. Exposición mediolateral y craneocaudal, se puede apreciar la reacción periosteal en el hueso alrededor de los cinchos de plástico en los días 14(A), 28(B) y 56(C) postoperatorios.</b>                                                                                                                                                                   | <b>30</b> |
| <b>Figura 37. Proyecciones mediolateral, donde se aprecia la presencia de calo óseo en la fractura a los días 14(A), 28 (B) y 56 (C) postoperatorios y la radio lucidez sugerente de la presencia de los cinchos de plástico en la estabilización de la fractura al día 56.</b>                                                                                         | <b>31</b> |
| <b>Figura 38. Proyecciones mediolateral de la extremidad fracturada a los días. Donde se observa la radiolucidez sugerente de la presencia de los cinchos cubiertos por el calló óseo (A) y movimiento de los fragmentos dela fractura sugerente de la falla de los cinchos en la fijación de la fractura,sin observar radiodensidad de los cinchos de plástico (B)</b> | <b>32</b> |
| <b>Figura 39. Resorción de tejido necrótico, presencia de tejido fibroso y formación de hueso esponjoso. (2.5x)</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>32</b> |
| <b>Figura 40. Callo cartilaginoso. (10x)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>32</b> |

|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 41. Callo puente. (10x)</b>                                                                                                     | <b>32</b> |
| <b>Figura 42. Célula muscular satélite. (40x)</b>                                                                                         | <b>32</b> |
| <b>Figura 43. Hueso trabecular y tejido fibroso. (2.5x)</b>                                                                               | <b>33</b> |
| <b>Figura 44. Tejido óseo esponjoso y tejido fibroso en cavidad medular. (2.5x)</b>                                                       | <b>33</b> |
| <b>Figura 45. Osteoclastos fagocitando. (40x)</b>                                                                                         | <b>33</b> |
| <b>Figura 46. Lagunas de cartílago. (10x)</b>                                                                                             | <b>33</b> |
| <b>Figura 47. Organización de fibras musculares y periostio, así como, remodelación de hueso esponjoso. (10x)</b>                         | <b>33</b> |
| <b>Figura 48. Tejido de reparación adyacente al cincho de plástico y cincho de plástico adoptando la forma del tejido reparado. (10x)</b> | <b>33</b> |

## RESUMEN

Se realizó un estudio experimental sobre el uso de cinchos de plástico como cerclaje en fracturas oblicuas diafisarias del fémur en el perro, en el cual se evaluó la movilidad de la extremidad fracturada, el apoyo de la extremidad en estática y en dinámica, el efecto de esterilización sobre los cinchos de plástico y radiográficamente se evaluó la presencia de gas, reacción periosteal y presencia del callo óseo. Para el estudio se utilizaron 12 perros clínicamente sanos, a los que se les realizó una fractura experimental oblicua con una sierra ortopédica. La osteosíntesis se realizó empleando un clavo intramedular Steinman y cinchos de plástico como cerclaje. Para el estudio radiográfico se utilizaron 88 placas radiográficas de los perros a los que se les realizó una fractura experimental.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente utilizando modelos de efectos fijos. Con respecto a la movilidad de la extremidad, los resultados demuestran que la movilidad y el apoyo de la extremidad en estática y en dinámica resultaron afectados por: los días postoperatorio ( $P > 0.001$ ), el peso de los perros ( $P > 0.001$ ) y el método de esterilización de los cinchos ( $P > 0.001$ ).

Los resultados radiográficos mostraron que los días postoperatorios afectaron a la presencia de aire postquirúrgico ( $P < 0.008$ ), reacción periosteal ( $P < 0.005$ ) y a la presencia de callo óseo ( $P < 0.002$ ).

En conclusión, los cinchos de plástico pueden ser utilizados como cerclaje permanente en la estabilización de fracturas oblicuas diafisarias del fémur en perros. Pues se encontró que el tiempo de recuperación de la movilidad en estática y dinámica de la extremidad fracturada, empleando estos cinchos, se obtiene a partir del día 28 postoperatorio. Radiográficamente se encontró una

mínima presencia de gas postquirúrgico y discreta reacción periosteal. Así como, una presencia moderada y uniforme de callo óseo. En el estudio histológico se observó presencia de callo óseo a los 28 días y una cicatrización ósea en fase de remodelación y una reparación completa del tejido muscular a los 56 días.



## **INTRODUCCION**

### **Importancia de los perros dentro de la sociedad.**

Los perros juegan un papel muy importante en la vida familiar, ya que estas mascotas son consideradas con la misma importancia que cualquier otro miembro de la familia (Walsh 2009) y comparten el mismo entorno social de los propietarios en sus diferentes estilos de vida (Andrew 1995). En las últimas décadas los propietarios se han preocupado por la atención de su mascota de diversas maneras, entre las que se encuentra la atención médica; por ello recurren con más frecuencia con los profesionistas del área, y dentro de estos se encuentra los especialistas en ortopedia veterinaria.

### **Fracturas del hueso Fémur.**

Dentro de la atención médica de las llamadas pequeñas especies se encuentra la cirugía ortopédica. En este sentido Beale (2004) determina que las fracturas oblicuas y en espiral del tercio medio del fémur, pueden ser reparadas exitosamente por el médico veterinario general, que sin ser traumatólogo o especialista en cirugía ortopédica, tiene necesidad de atender pacientes fracturados dentro de su práctica profesional. Así mismo, estas fracturas pueden ser reducidas con éxito, por el joven médico veterinario recién egresado, quien obviamente, aún no ha adquirido mayor experiencia clínica y quirúrgica. En la fijación de este tipo de fracturas, pueden elegirse diferentes técnicas operatorias, con diferentes implantes ortopédicos y variado instrumental quirúrgico. Sin embargo, un elevado número de fracturas oblicuas del fémur y otros huesos largos

pueden ser reducidas e inmovilizadas adecuadamente empleando clavos intramedulares acompañados de cerclajes de alambre ortopédico.

En lo referente a las fracturas oblicuas y espirales del hueso fémur en el perro y el gato Harasen (2003) establece que representan el 28% de todas las fracturas posibles en este hueso, las cuales pueden ser reparadas exitosamente por el médico veterinario general.

Las lesiones traumáticas con fracturas del sistema musculo-esquelético en el perro y el gato, son significativamente frecuentes en el ejercicio profesional de la clínica de las llamadas pequeñas especies. De acuerdo con Brinker (2007), de todas las fracturas del sistema musculo esquelético, la incidencia en el hueso fémur es del 20 al 25 %. En tanto que Harasen (2003), considera el 28 %.

Por otra parte, la frecuencia de fracturas de los huesos largos, Brinker (2007) informa de una incidencia aproximada del 45% en el fémur. Si bien las fracturas femorales pueden ocurrir en la cabeza, cuello, trocánter y otras regiones de la epífisis proximal con su metáfisis, así como, en los cóndilos, tróclea y metáfisis distal, las fracturas correspondientes a la diáfisis ocurren aproximadamente en el 56%.

En relación a los diferentes tipos de fracturas en el fémur de perros jóvenes, Brinker (2007) y Braden (1995); citado por Simpson y Lewis, 2006 han informado de la presencia de fractura transversa quirúrgicamente inestable, oblicua corta,

oblicua larga, espiroidal, segmentaria, multifragmentaria, conminuta y en rama verde. Harasen (2003) identificó que del 100% de las fracturas diafisarias del fémur el 60% son transversas u oblicuas, en tanto que el 40% restante son multifragmentarias conminuta. En consecuencia, el significativo porcentaje de fracturas oblicuas del cuerpo del fémur, y ciertas dificultades presentes en su osteosíntesis, obligan al cirujano médico veterinario, a adquirir conocimiento preciso de la anatomía y biomecánica del hueso fémur, así como también las habilidades manuales e instrumentales necesarias en la reducción, fijación y cicatrización de las fracturas.

De acuerdo con Stiffler (2005), en las fracturas oblicuas de la diáfisis del fémur actúan diversas fuerzas biomecánicas; de compresión, tensión, doblaje, torsión, y fuerzas de efecto en corte de cizalla. Dentro de esta clasificación y desde el punto de vista del tratamiento quirúrgico, Hernández (2002) determina que las fracturas oblicuas son quirúrgicamente inestables, actuando fuerzas de contracción y cabalgamiento de los fragmentos óseos, por deslizamiento. En estos casos, corregida la angulación, generalmente con la implantación intramedular de un clavo Steinmann, ocurre rotación en un eje de ambos fragmentos óseos. Lo cual resulta en falla de la consolidación de la fractura o dicho de otro modo en un proceso de no unión cicatrizal.

## **Uso de implantes en medicina veterinaria para la fijación de fracturas oblicuas.**

En la fijación de las fracturas oblicuas se pueden elegir diferentes técnicas operatorias, así como diversos implantes ortopédicos; cuyo manejo demanda habilidad quirúrgica. Dentro de los implantes de mayor uso en medicina veterinaria se encuentran el clavo intramedular y los cerclajes de alambre. En este sentido Hernández (2002), Slatter (2006) y Brinker (2007), establecieron, que la fijación de las fracturas, que tienen lugar en las extremidades por arriba del codo en el miembro torácico y por arriba de la rodilla en el miembro pélvico, nunca deben inmovilizarse con férulas de ningún tipo.

En relación al fémur, la reducción de las fracturas transversas, completas y oblicuas, generalmente demandan la reducción quirúrgica abierta, lo cual implica un acercamiento quirúrgico, con separación anatómica de los músculos; bíceps femoral o bíceps crural y tensor de la fascia lata. Brinker (2007) señala varias alternativas para su fijación entre las que se incluyen el clavo intramedular y alambre ortopédico de acero inoxidable, fijador esquelético externo (AFEE) y placas y tornillos. La elección de estos materiales se ha visto influida por la preferencia de los cirujanos en diferentes épocas: en la década de los 70s el clavo intramedular fue dominante con respecto al aparato de fijación esquelética externa; hacia el final de la década de los 80s predominó el empleo de la placa y clavo intramedular y para los 90s, se apreció versatilidad en la elección de los diversos métodos que han incluido la FEE, continuando con el uso del clavo Steinmann y de Rush (Hernández, 2002).

Respecto al clavo intramedular en medicina veterinaria, Simpson y Lewis (2006), Beale (2004), Brinker (2007), Hulsén y Hyman (2006) y Welch (2004), determinan que, continua siendo este implante una de las formas más comunes de fijación esquelética interna, en fracturas del fémur. Debido a que es una alternativa de bajo costo y tiene mínimo efecto sobre el flujo sanguíneo medular y por lo tanto, sobre la consolidación ósea. Además, proporciona excelente resistencia a la flexión. Sin embargo, no lo hace frente a las fuerzas rotacionales y cargas axiales, por tal motivo se deben usar implantes adicionales como son el cerclaje de alambre, la fijación esquelética externa, tornillos, o varios clavos intramedulares.

Welch (2004), establece que, el implante adicional para la estabilización de fracturas más utilizado en cirugía veterinaria es el cerclaje de alambre ortopédico. Roe (1997), Brinker (2007) y Beale (2004) determinaron que se han diseñado diferentes tipos de configuraciones de cerclaje de alambre, para la corrección de fracturas, entre los que se encuentran la aplicación tradicional convencional o cerclaje completo, que consiste en la torsión de un alambre recto, de lazada simple, doble lazada, doble enrollamiento y cerclaje de lazada-torsión (Figuras 1, 2, 3 y 4.). Sin embargo, Koji et al. (2001) no consideran al cerclaje de alambre ortopédico como un método adicional adecuado, dado que puede interferir con la micro circulación del hueso. Por otra parte, Brinker (2007) ha informado que el uso quirúrgico actual del cerclaje se fundamenta en el trabajo de Rhinelander (1983), el cual demuestra en su estudio que el diámetro pequeño del alambre

colocado de forma ajustada no generaba alteraciones al flujo sanguíneo centrípeto, desde el canal medular hacia el periostio.

### **Sustitución del cerclaje de alambre por cincho de plástico.**

Kirby y Wilson (1991) compararon el cerclaje de alambre con cinchos de plástico en cirugía ortopédica en humanos, y encontraron con ambos métodos que no se afecta a la circulación sanguínea en la corteza del hueso. Por otra parte Partridge (1976), utilizó cinchos de plástico en fracturas oblicuas del fémur en humanos obteniendo resultados satisfactorios en términos de cicatrización ósea. Recientemente en medicina veterinaria, Carrillo (2005) realizó un estudio experimental en conejos usando bandas de poliamida de aplicación permanente en la osteosíntesis de fracturas oblicuas del fémur, substituyendo así y en forma exitosa los cerclajes convencionales y especiales de alambre ortopédico, sin complicaciones con cicatrización clínica a los 28 días.

## **Planteamiento del problema**

En la osteosíntesis y fijación de las fracturas diafisiarias oblicuas del fémur y otros huesos largos, se usa el enclavamiento intramedular y cerclaje o hemicerclaje (Figura 1). Para ello, se hace necesario el uso de pinzas sujeta huesos Schmidt et al (1981), colocación de un separador automático de Gelpi, pasando el alambre con un pasa alambre. Así mismo, se usa un taladro y torcedor de alambre entre otros instrumentos cuyo manejo demanda un mínimo razonable de habilidad quirúrgica. La cual esta generalmente al alcance de cualquier médico veterinario promedio. No obstante, durante el transoperatorio, con frecuencia, al tratar de mantener la coaptación de los fragmentos de la fractura, y la correcta alineación para proceder a la aplicación de cerclajes, los instrumentos mismos, dificultan por estorbo el manejo del alambre y su torcido en el cerclaje tradicional. En efecto la reducción temporal de la fractura, exige la colocación de dos o más pinzas (sujeta huesos) aplicadas a 2 manos, lo cual invade prácticamente la totalidad del campo quirúrgico, aun y cuando se emplean pinzas con cremallera como las llamadas "Kern". Esta circunstancia obstruye comúnmente de manera significativa la facilidad y eficiencia en la colocación del alambre en cerclaje tradicional (Figura. 2). Si bien, existen otras formas de aseguramiento del cerclaje como en lazada simple, doble lazada, doble enrollamiento y lazada por torción según se aprecia en la (figura 3), estos cerclajes, requieren del uso de instrumentos especiales para su aplicación, como es el caso del Tensor de ojal con dos cigüeñas y el Tensor de doble lazada (figura 4), los cuales, raramente están disponibles en nuestro medio. Por otra parte, el método de aplicación del cerclaje convencional o tradicional resulta disponible y práctico. Aunque en todo caso cualquier tipo de cerclaje

representa por la instrumentación cierto problemas de manejo y en especial considerando el significativo volumen de la masa de músculos del muslo para el caso de la reducción de fracturas del hueso fémur, con lo cual se reduce aún más el espacio del campo quirúrgico con el resultado de posibles accidentes, iatrogenias y complicaciones diversas.

Según Brinker (2007), en el afán de “manejar” los tejidos para obtener espacio se ha ocasionado trauma importante a los tejidos blandos que circundan al hueso fracturado, pues al manejar las pinzas sujeta huesos, el instrumento pasa alambre y uso del torcedor se ha propiciado fragmentación ósea adicional y aplicación errónea de los cerclajes. Las consecuencias de estas iatrogenias se expresan en procesos de no unión o unión demorada o retardada.

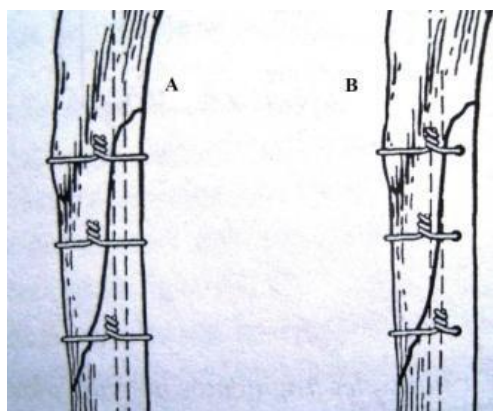


Fig.1 A) Cerclaje completo  
B) Hemicerclaje

Tomado de Brinker (2007)

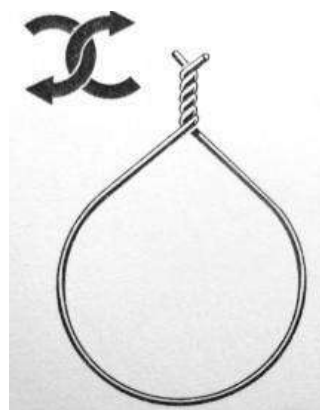


Fig. 2 Cerclaje convencional

Tomado Slatter (2005)



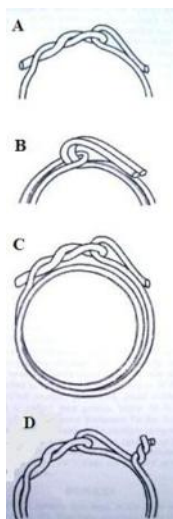


Fig. 3 Cerclajes

- A) Lazada simple
- B) Doble lazada
- C) Doble enrollamiento
- D) Lazada-torsión.

Roe (1997)

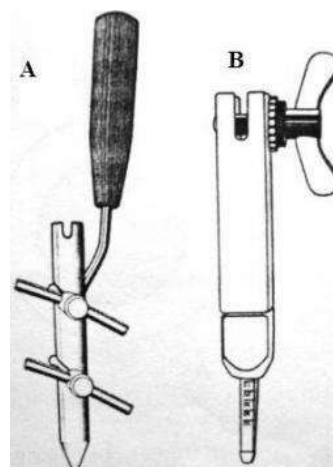


Fig.4

- A) Tensor de ojal con dos cigüeñales
- B) Tensor de doble lazada

Tomado de Brinker (2007)

En prevención de iatrogenias y complicaciones por falta de espacio en el campo quirúrgico, Koji et al. (2001) y Schmidt et al. (1981) han propuesto el uso de bandas de nylon (cinchos sujeta cables) en aplicación temporal, para obviar la sujeción traumática que pueden ocasionar sobre el hueso y fragmentos de la fractura las pinzas sujeta huesos. Sin embargo se debe investigar si el uso de estos cinchos como cerclajes permanentes en las fracturas de hueso, resultan suficientes y eficientes en la reparación de fracturas oblicuas de la diáfisis del hueso fémur en los perros.

## **HIPÓTESIS**

Los cinchos de nylon son eficientes en la fijación permanente de fracturas oblicuas del fémur en perros, y pueden usarse como recurso alternativo a los cerclajes de alambre.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Evaluar la eficiencia de los cinchos de nylon como método de fijación permanente en la osteosíntesis de fracturas oblicuas del tercio medio del fémur en perros.

### **Objetivos particulares:**

- **A)** Obtener sujetos experimentales (perros) clínicamente sanos.
- **B)** Diseño y familiarización de la técnica de fractura experimental oblicua de la diáfisis del fémur con característica quirúrgicamente inestable
- **C)** Diseño de la aplicación de cerclaje con cinchos de nylon en función de implantes permanentes y como medio secundario de fijación de la fractura, evitando la rotación axial.
- **D)** Evaluación radiográfica de resultados
- **E)** evaluación clínica de resultados
- **F)** Evaluación histológica de la evolución de la reparación ósea de las fracturas.
- **G)** Evaluación del método de esterilización de los cinchos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material biológico.** Para el presente estudio, se utilizaron 12 perros clínicamente sanos, provenientes del centro de control canino de la ciudad de Morelia Michoacán con peso de entre 10 y 21 kilogramos (10 hembras y 2 machos criollos) de edad aproximada de dos años.

### **Materiales:**

#### Sustancias

- Antisepsia y desinfección: yodopovidona espuma, yodopovidona solución, alcohol al 70% y desinfectante Alkacide.
- Venoclisis: solución Hartman.
- Preanestesia: sulfato de atropina, xilaxina 2%, ampicilina.
- Anestesia: pentobabital sódico.
- Textiles y materiales quirúrgicos: esponjas de gasa 10x10cm, toallas de campo, sabana hendida, media stockinette, tela adhesiva, jeringas de 1,3,5 y 10ml. Sondas endotraqueales con manguito insuflable, cintas de tela para bozal y sujeción de extremidades. Marco de mesa para anestesia. Posicionadores de hule espuma.
- Instrumental: Instrumental clínico: termómetro digital rectal, estetoscopio clínico y estetoscopio esofágico.

instrumental de cirugía general.

Instrumental de cirugía especial: sierra eléctrica inalámbrica multimaster(jorvet) (Figura 5), clavo intramedular

Steinmann con doble extremo de trocar, cinchos de nylon de 6.00"x0.13"x 0.055" (Garner Bender) (Figura 6). Tensador de cinchos (Gardner bender) (Figura 7), jeringa de bulbo, sonda de succión y cánula de Yankauer, aparato de succión portátil y separadores maleables.

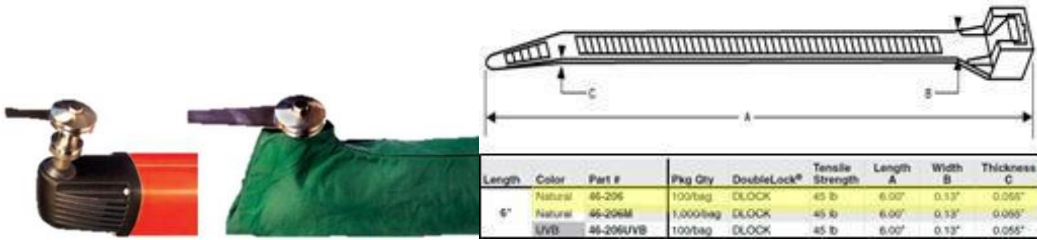


Figura 5. A) Sierra eléctrica inalámbrica multimaster (Jorvet)

B) Sierra eléctrica inalámbrica

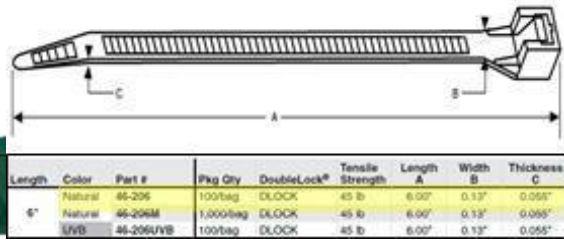


Figura 6. Cinchos de nylon de 6.00"x0.13"x 0.055" (Garner Bender)



Figura 7. Tensador de cinchos (Gardner bender)

## Métodos

Los perros fueron evaluados para definir su estatus físico a través de examen físico y análisis clínicos de hemograma, química sanguínea (Urea, Creatinina y Albumina) y análisis coproparasitológico, identificadas las alteraciones, se aplicó tratamiento, comprobando con una nueva evaluación la eficiencia de la terapia, a fin de contar con pacientes clínicamente sanos y aptos para la investigación.

En 6 perros se utilizaron cinchos esterilizados en autoclave y en los 6 restantes, cinchos esterilizados en solución Alkacide.

**Preoperatorio.** Ayuno de 12 horas con acceso a agua de bebida hasta 8 horas preoperatorias. Ampicilina IM. (22 mg/kg), treinta minutos antes de incidir la piel (referencia).

**Preanestesia.** Sulfato de atropina (0.04 mg/kg) vía SC, con un intervalo de cinco minutos se administró Xilaxina (1.1 mg/kg) vía IM.

**Anestesia.** Los pacientes fueron inducidos con pentobarbital sódico. Se intubaron con una sonda endotraqueal con manguito insuflable. La anestesia se mantuvo con pentobarbital sódico a efecto.

**Preparación de la región operatoria.** Anestesiados los pacientes experimentales, se practicó tricotomía de la región operatoria del miembro pélvico izquierdo, abarcando de la región del metatarso a la región sacra en sus cuatro aspectos (lateral, medial, craneal y caudal).

**Antisepsia.** Se han empleado esponjas de gasa de 10x10 cm. con yodopovidona espuma (Figura 8). Continuando con la aplicación de alcohol para remover la yodopovidona espuma y hasta que no se aprecie color amarillo en la esponja de gasa con alcohol de 70%. Este procedimiento, se ha realizado en tres ocasiones, para finalizar “pintando” la región operatoria con la aplicación de yodopovidona solución en spray. Durante este proceso, se ha mantenido colgado el miembro problema.



Figura 8. Antisepsia con gasas con yodopovidona espuma y alcohol.



Figura 9. Miembro colgado y colocación de toallas de campo base.

Pasados unos minutos se ha permitido el secado de la solución de yodopovidona y se ha aislado la región operatoria, con la colocación de cuatro toallas de campo base (Figura 9). Acto seguido se ha descolgado el miembro colocándole una media stockinette, el cual ha sido fijado con pinzas Backhaus a las toallas de campo base. (Figura 10).

Seguidamente se ha colocado una sábana hendida (Figura 11).



Figura 10. Descolgamiento del miembro y aplicación de media Stockinette.



Figura 11. Colocación de la sábana hendida.

**Transoperatorio.** Se diseñó una técnica de fractura por osteotomía oblicua sobre la diáfisis del fémur empleando acercamiento lateral y una sierra eléctrica inalámbrica oscilatoria (Jorvet) con hoja (stericut de 12 mm x 70 mm x 1.22 mm) (Jorvet) con forme a la siguiente descripción:

Primeramente se ha cortado la media stockinette en la localización y extensión de la incisión propuesta de la piel (Figura 12). Enseguida se ha realizado un acercamiento lateral al fémur izquierdo mediante una incisión oblicua próximo-distal y caudo-craneal paralela al hueso fémur, de aproximadamente 20 cm. Y en forma de discreta “S”, que se ha iniciado a partir del límite ventral del trocánter mayor del fémur, terminando adyacente a la patela. Esta incisión ha interesado piel y tejido celular subcutáneo (Figura 13). Los bordes cortados de la media stockinette se han suturado con el plano subcuticular, empleando sutura temporal continua simple y aislando así la región operatoria (Figura 14).



Figura 12. Corte de la media Stockinette.



Figura 13. Incisión en la piel.



Figura 14. Sutura del plano subcuticular y la media Stockinette

Se ha localizado a continuación la división entre los músculos tensor de la fascia lata y bíceps femoral, a fin de separar atraumáticamente ambos músculos. Continuando, se ha incidido la fascia lata, permitiendo ello, el abordaje directo a la

diáfisis del fémur, mediante la separación craneal de los músculos fascia lata y bazo medial, en tanto que caudalmente se ha separado el músculo bíceps femoral (Figura 15). Expuesto el tercio medio del fémur, se ha continuado con la separación del músculo gran aductor del muslo, justamente del aspecto caudal del fémur. Para este procedimiento se ha empleado el uso discreto de una legra (Figura 16). Una vez denudado el hueso fémur se ha efectuado un taponamiento con 4 esponjas de gasa en el aspecto medial del hueso, con la finalidad de proteger la masa muscular al momento de hacer la osteotomía longitudinal de la segunda corteza (Figura 17). Por otra parte los músculos bíceps femoral y tensor de la fascia lata se han mantenido retraídos con el uso de un separador maleable para facilitar la exposición de la diáfisis del fémur (Figura 17). Y el procedimiento de fractura por osteotomía.



Figura 15. Incisión de la fascia lata.



Figura 16. Disección a traumática del musculo gran aductor.



Figura 17. Taponamiento con gasas para aislar el hueso fémur y separación de los musculos con el separador flexible.

La osteotomía ha consistido en los siguientes cortes: uno proximal, otro distal y dos más longitudinales (uno para cada corteza), que interconectaron los cortes proximal y distal. El corte distal se efectuó primeramente en el aspecto caudal del hueso de manera oblicua como se muestra en la (Figura 18). Y el corte



proximaligualmente oblicuo se ha realizado en el aspecto craneal del hueso fémur(Figura 19). Los cortes longitudinales se han realizado sobre los aspectos lateral y medial del fémur (Figura 20). El lateral se ha efectuado primeramente, seguido del medial. Así entoncesla fractura ha quedado con un ángulo aproximado de 45° con respecto al eje axial del hueso y en una extensión de 4 cm (Figura 21). Realizados los cortes usualmente en los ángulos sin fracturar, que no han permitido separar completamente los extremos fracturados. Para lograrlo entonces, la fractura ha sido separada mediante el empleo de un osteotomo y un martillo (Figura 22). La osteotomía se ha realizado con una sierra ortopédica (jorvet) con hoja (stericut de 12 mm x 70 mm x 1.22 mm) (jorvet).



Figura 18. Corte distal de la diáfisis del fémur.

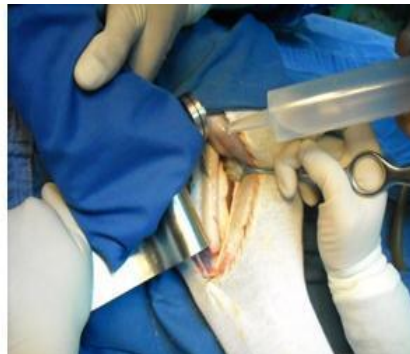


Figura 19. Corte proximal de la diáfisis del fémur.



Figura 20. Unión de los cortes mediante un corte en el centro de la diáfisis de fémur.



Figura 21. Fractura oblicua de la diáfisis del hueso fémur.



Figura 22. Separación de la fractura empleando un osteotomo.



Figura 23. Sujeción de los fragmentos fracturados con pinzas sujeta huesos Kern.

Separados los fragmentos proximal y distal, en el fragmento proximal se ha realizado un enclavamiento intramedular usando un clavo intramedular Steinmann doble trocardirigido hacia la fosa trocantérica, y empleando un taladro manual de Jacob. Posteriormente se ha hecho la osteosíntesis mediante el empleo de pinzas sujeta huesos Kern para la sujeción de los fragmentos de la fractura y su alineación (Figura 23). A continuación el clavo intramedular ha sido dirigido hacia la epífisis distal retrógradamente para su asentamiento en la epífisis distal del fémur (Figura 24).



Figura 24. Alineación de la fractura.



Figura 25. Colocación de tres cinchos de nylon.



Figura 26. Apretado manual de los cinchos de nylon.

Posteriormente, se han colocado tres cinchos de plástico (Figura 25), con separación entre ellos de 1 cm. Para su colocación, se ha usado un pasador de alambre de la diáfisis del hueso. Los cinchos se han apretado primeramente a mano cómo se aprecian en la Figura 26. Para ir retirando las pinzas Kern correspondientes a cada uno de los cinchos, y según se iban tensando con un tensador de cinchos Ctt. #45 (Garner Bender) de venta comercial (Figura 27). El sobrante de la cremallera de los cinchos se ha cortado con cortador para alambre ortopédico (Figura 28).



Figura 27. Tensado de los cinchos con tensador especial.



Figura 28. Corte de los cinchos con alicato para alambre ortopédico.

Colocados los cinchos, se ha lavado la región operatoria con abundante solución salina fisiológica (250 ml) empleando una jeringa de bulbo (jorvet) y aspirando la solución con cánula de Yankauer (Figura 29).

Procediendo a la rafia, se ha retirado primeramente, la sutura temporal de la media stockinette (Figura 30), para continuar suturando.



Figura 29. Lavado de los tejidos con solución salina y aspirado de la solución con cánula de Yankauer.

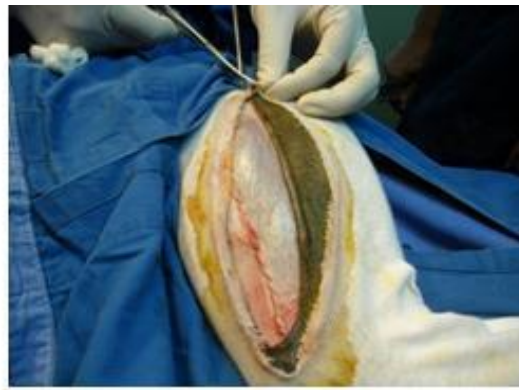


Figura 30. Retiro de la sutura del plano subcuticular y la media Stockinette.

la fascia lata y el borde craneal del bíceps femoral. Para ello, se ha empleado una sutura continua simple de gliconato 2-0 (Monosyn) (Figura 31), igualmente con sutura continua simple del mismo material se ha suturado el plano subcuticular (Figura 32). La cutaneorrafia se ha efectuado con sutura continua de Ford no absorbible poliamida 2-0 (Braunamid) (Figura 33). Acto seguido, se ha cortado el clavo intramedular sobresaliente lo más aproximado al trocánter mayor del fémur con una cizalla (bailarina) para varilla de acero (Figura 34).



Figura 31. Rafia de la fascia lata y el borde craneal del musculo bíceps femoral.



Figura 32. Sutura del plano subcuticular.

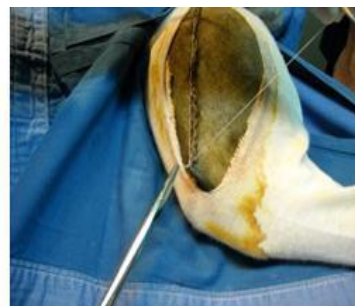


Figura 33. Sutura de la piel.



Figura 34. Corte del clavo intramedular con una alicata.

**Postoperatorio.** Los perros hospitalizados fueron confinados en jaulas y se les administró ampicilina (25mg /kg). c/12 hrs PO por las 24 horas siguientes, a la cirugía. Carprofeno (4 mg/kg) c/24 hrs IM por tres días y Tramadol (4 mg /kg) c/ 6 hrs IM. por los tres días siguientes.

Los perros fueron evaluados por medio de estudios radiográficos en exposición cráneo caudal y medio lateral.

Para la evaluación clínica del miembro fracturado se tomó en consideración las siguientes funciones: Flexión, Extensión, Aducción y Abducción calificando como Normal=1, Limitado= 2 y Ausente=3. Con esta clasificación se creó un índice de movilidad (tabla 1) para determinar la recuperación normal de los movimientos de la extremidad; modificando para ello el índice de movilidad en humanos creado por Charnley's (1972). También se evaluó el apoyo del miembro afectado en estática y en dinámica (1=Si, 0=No). Los estudios radiográficos se realizaron al término de la cirugía, así como a los 14, 28 y 56 días de posoperatorio evaluándose la imagen radiográfica en morfología, reparación de la fractura y radio densidad de los



tejidos para evaluar la Presencia de aire postquirúrgico (AP) (1=Si, 0=No), Reacción periosteal (RP) (1=Si, 0=No) y la Presencia del callo óseo (PC) (1=Si, 0=No).

**Tabla 1: Índice de movilidad de acuerdo a la recuperación de los movimientos de la extremidad.**

| Flexión<br>(F) | Extensión<br>(E) | Aducción<br>(AD) | Abducción<br>(AB) | IM*  | Movimiento                 |
|----------------|------------------|------------------|-------------------|------|----------------------------|
| 1              | 1                | 1                | 1                 | 1    | Normal                     |
| 1              | 2                | 1                | 1                 | 1.25 | Normal/limitado E          |
| 1              | 2                | 1                | 2                 | 1.5  | Normal /limitado E, AD     |
| 1              | 2                | 2                | 2                 | 1.75 | Normal /limitado E, AD, AB |
| 2              | 2                | 2                | 2                 | 2    | Limitado                   |
| 2              | 3                | 2                | 2                 | 2.25 | Limitado/ausente E         |
| 3              | 3                | 2                | 2                 | 2.5  | Limitado/ausente F,E       |
| 3              | 3                | 3                | 3                 | 3    | Ausente                    |

\* El índice de movilidad (IM) se obtuvo de la siguiente manera:

$$IM = \frac{F + E + AD + AB}{4}$$

Los perros se sacrificaron de acuerdo a la norma oficial mexicana 033-ZOO-1995 a los 14, 28 y 56 días postoperatorios, obteniéndose muestras de hueso para su análisis histológico.

Con los datos obtenidos se realizó una base de datos para su análisis estadístico mediante la metodología de Modelos de efectos fijos (Herrera *et al.*, 2003); y las diferencias entre clases se realizaron mediante la prueba de *t*. (Peel y Mclachlan, 2000)

## RESULTADOS

En relación con la técnica quirúrgica, se ha diseñado la técnica para realizar el corte de la fractura. Para ello fue necesario realizar 8 cirugías previas a las pertenecientes al estudio experimental, en donde se evaluó la utilización del instrumental ideal para una disecciónatraumatica yuna exposición correcta de la diáfisis del fémur, las cuales permitieran la realización de la fractura experimental oblicua y la aplicación correcta de los cinchos de nylon como cerclaje.

En lo referente al instrumental utilizado, se pudo comprobar que el uso de un separador maleable, así como, el taponamiento con gasas en la cara medial de la diáfisis del fémur(Figuras 14 y 15), facilitan la realización del corte de la fractura. El separador maleable se puede manejar fácilmente y adaptar a las necesidades del cirujano, evitando el traumatismo de los músculos adyacentes al sitio de la fractura causados por la sierra ortopédica. Por otra parte el taponamiento ofrece una protección indispensable al momento del corte con la sierra ortopédica en las dos cortezas del hueso fémur para los músculos vasto medial, pectíneo y aductor, los cuales se encuentran en la cara medial de la diáfisis del fémur.

La aplicación de los cinchos de plástico, se ha encontrado relativamente fácil y rápida. No obstante se debe considerar la separación y el método de tensado, ya que al utilizar el tensador especial se debe tomar en cuenta que sea un tensado uniforme y de un solo intento, de lo contrario el cincho de plástico pierde características importantes en la cremallera al fatigar el mecanismo de cierre y permitir que fallen los cinchos en su función.

Una vez que se colocaron los cinchos de manera correcta, se puede retirar las pinzas sujeta huesos Kern, obteniendo así, un campo quirúrgico más amplio para

la colocación de cerclajes de alambre si el cirujano así lo considera conveniente, o bien se pueden dejar como cerclaje permanente.

Los resultados postoperatorios en relación a la osteosíntesis de los sujetos experimentales de esta investigación mostraron significancias estadísticas que han indicado, que el índice de movilidad (IM) y el apoyo de la extremidad en estática (AEE) resultaron afectados por: los días postoperatorio (DP;  $P > 0.001$ ), el peso de los perros (PP;  $P > 0.001$ ), a la interacción PP\*DP ( $P > 0.001$ ), el método de esterilización (Est) de los cinchos de plástico ( $P > 0.001$ ), y a las interacciones DP\*Est ( $P > 0.001$ ), Gpo\*Est ( $P > 0.001$ ) y PP\*Est ( $P > 0.001$ ).

Por otra parte, los resultados obtenidos en cuanto al índice de movilidad (IM), y apoyo del miembro fracturado en estática (AEE) y en dinámica (AED) se muestran en la siguiente Tabla.

**Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados para índice de movilidad (IM), apoyo de la extremidad en estática (AEE) y apoyo de la extremidad en dinámica (AED) de acuerdo al peso del perro y días postoperatorios**

| PESO                   |   | DIAS POSTOPERATORIO |                    |                    |                    |                        |                    |                    |                       |                    |
|------------------------|---|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| (Kg)                   |   | 14                  |                    |                    | 28                 |                        |                    | 56                 |                       |                    |
|                        | N | IM                  | AEE                | AED                | IM                 | AEE                    | AED                | IM                 | AEE                   | AED                |
|                        |   |                     | %                  | %                  |                    | %                      | %                  |                    | %                     | %                  |
| 10-11                  | 5 | 1.75 <sup>a1</sup>  | 35.7 <sup>a*</sup> | 25.0 <sup>a■</sup> | 1.25 <sup>a2</sup> | 100 <sup>a&amp;</sup>  | 89.2 <sup>a◇</sup> | 1.0 <sup>a3</sup>  | 100 <sup>a&amp;</sup> | 100 <sup>a○</sup>  |
| 12-15                  | 4 | 2.0 <sup>b1</sup>   | 37.1 <sup>a*</sup> | 8.5 <sup>b■</sup>  | 1.75 <sup>b2</sup> | 95.2 <sup>a&amp;</sup> | 50.0 <sup>b◇</sup> | 1.0 <sup>a3</sup>  | 100 <sup>a&amp;</sup> | 88.1 <sup>b○</sup> |
| 17-21                  | 3 | 2.0 <sup>b1</sup>   | 80.9 <sup>c*</sup> | 0.0 <sup>c■</sup>  | 1.75 <sup>b2</sup> | 85.7 <sup>c*</sup>     | 23.8 <sup>c◇</sup> | 1.25 <sup>b3</sup> | 100 <sup>a&amp;</sup> | 97.2 <sup>a○</sup> |
| Independiente del peso |   | 2.0 <sup>1</sup>    | 47.6 <sup>*</sup>  | 11.9 <sup>■</sup>  | 1.5 <sup>2</sup>   | 92.8 <sup>&amp;</sup>  | 50.0 <sup>◇</sup>  | 1.0 <sup>3</sup>   | 100 <sup>&amp;</sup>  | 91.0 <sup>○</sup>  |

n = número de perros

a, b = Diferencias estadísticas dentro de columna ( $P < 0.05$ )

1, 2, 3 = Diferencias estadísticas dentro de fila ( $P < 0.05$ ) para IM

\* & = Diferencias estadísticas dentro de fila ( $P < 0.05$ ) para AEE

■, ◇, ○ = Diferencias estadísticas dentro de fila ( $P < 0.05$ ) para AED



En donde, el efecto ( $p > 0.001$ ) de la interacción PP\*DP sobre IM, se observó que al día 14 postoperatorio los perros con un mayor peso presentaron ( $P > 0.05$ ) movilidad limitada ( $IM=2.0$ ); Ello a diferencia de los perros con menor peso (10-11 kg), los cuales el día 28 postoperatorio evidenciaron una movilidad normal (1.25 vs 1.75) cuando los pesos fueron de 12-15 kg; ambos promedios de IM fueron diferentes estadísticamente ( $P > 0.05$ ) entre sí.

Por otra parte, el efecto del peso de los perros y el tiempo de recuperación, con respecto al apoyo de la extremidad en estática y en dinámica. Se encontró un 100 % de los perros con peso de entre 10 y 11 kg al día 28 obtuvieron el apoyo total de la extremidad fracturada en estática y el 100% de apoyo la extremidad en dinámica al día 56. En tanto que los perros con peso de entre 17-21 kg, mostraron apoyo total en estática y dinámica hasta el día 56 postoperatorio (100%). Lo cual explica que a mayor peso de los perros, mayor es el tiempo de recuperación para el apoyo de la extremidad en estática y dinámica (Tabla 2).

**Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados para apoyo de la extremidad estática (AEE) y apoyo de la extremidad en dinámica de acuerdo al método de esterilización de los cinchos de plástico.**

| Método de Esterilización | N | AEE (%)           | AED (%)           |
|--------------------------|---|-------------------|-------------------|
| Solución Alkacide        | 6 | 57.1 <sup>a</sup> | 34.2 <sup>a</sup> |
| Autoclave                | 6 | 90.7 <sup>b</sup> | 60.5 <sup>b</sup> |

<sup>a, b</sup> = Diferencias estadísticas dentro de columna ( $P > 0.05$ )

En relación con el apoyo de la extremidad al utilizar cinchos esterilizados con solución Alkacide (ESA) se registró un 57.1% de perros con apoyo en estática y un

34.2% en dinámica. Ello en contraste con el uso de cinchos de plástico esterilizados en autoclave donde se encontró un 90.7% de perros con apoyo de la extremidad en estática y un 60.5% en dinámica, lo que refleja que la EAC de los cinchos es superior que la ESA (Tabla 3).

De acuerdo con los estudios radiográficos, los resultados mostraron que los días postoperatorios (DP) tuvieron efecto sobre la presencia de aire postquirúrgico ( $P < 0.08$ ), la reacción periostial ( $P < 0.005$ ) y la presencia de callo óseo ( $P < 0.002$ ) en la extremidad fracturada.

Con respecto al efecto ( $P > 0.08$ ) de los DP sobre la presencia aire postquirúrgico (AP), se pudo observar un decremento en la AP conforme trascurrieron los DP (Tabla 4).

**Tabla 4. Medias de mínimos cuadrados para presencia aire postquirúrgico (AP) de acuerdo a los días postoperatorios**

| Día postoperatorio | Presencia de aire postquirúrgico (%) |
|--------------------|--------------------------------------|
| 14                 | 14.2 <sup>a</sup>                    |
| 28                 | 8.0 <sup>b</sup>                     |
| 56                 | 5.3 <sup>c</sup>                     |

<sup>a, b, c</sup> = Diferencias estadísticas dentro de columna ( $P > 0.05$ )

De acuerdo con la Tabla 4, al día 14 postoperatorio se encontró un 14.2 % de placas radiográficas con AP; esto en comparación con el DP 56, donde la AP en placas radiográficas tan sólo fue en el 5.3% de los perros analizados (Figura 35).

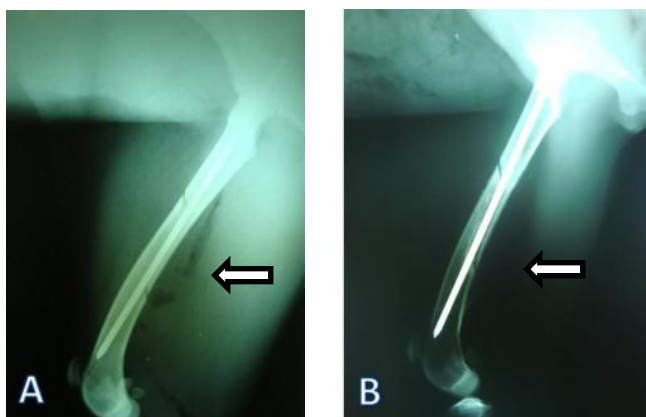


FIGURA 35. Exposiciónmediolateral del fémur izquierdo donde se observa en el día 28 postoperatorio presencia de aire postquirurgico (A) y al día 56 ya no es evidente (B).

En lo referente al efecto de DP ( $P > 0.005$ ), sobre la reacción periosteal (RP) se observó radiográficamente al DP 14 que un 48.8% de las placas radiográficas (de los perros fracturados) presentaron RP (Tabla 5).

**Tabla 5. Medias de mínimos cuadrados para reacción periosteal (RP) de acuerdo a los días postoperatorios.**

| Días postoperatorio | Reacción Periosteal (%) |
|---------------------|-------------------------|
| 14                  | 48.8 <sup>a</sup>       |
| 28                  | 67.8 <sup>b</sup>       |
| 56                  | 69.6 <sup>b</sup>       |

<sup>a, b</sup> = Diferencias estadísticas dentro de columna ( $P > 0.05$ )

De acuerdo con los valores reportados en la Tabla 5, se pueden observar las diferencias entre el DP 14, el DP 28 y DP 56 en relación a RP en las placas radiográficas (Figura 36).

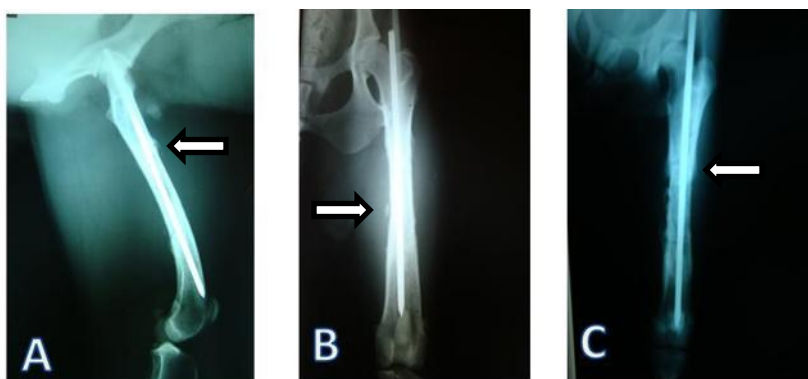


FIGURA 36. Exposición mediolateral y craneocaudal, se puede apreciar la reacción periosteal en el hueso alrededor de los cinchos de plástico en los días 14(A), 28(B) y 56(C) postoperatorios.

**Tabla 6. Medias de mínimos cuadrados para presencia de callo óseo (PC) de acuerdo a los días postoperatorios.**

| Días postoperatorio | Presencia de callo óseo (PC)<br>(%) |
|---------------------|-------------------------------------|
| 14                  | 35.7 <sup>a</sup>                   |
| 28                  | 54.4 <sup>b</sup>                   |
| 56                  | 59.8 <sup>b</sup>                   |

<sup>a, b, c</sup> = Diferencias estadísticas dentro de columna ( $P > 0.05$ )

En cuanto a los resultados de los estudios radiográficos sobre la presencia de callo óseo (PC)(Tabla 6), se determinó ( $P > 0.05$ ) que en DP 14 se presentó un 35.7% de placas radiográficas de perros fracturados con PC, en comparación con el 59.8% de las placas radiográficas donde la PC se aprecia en el DP 56 (Figura 37)

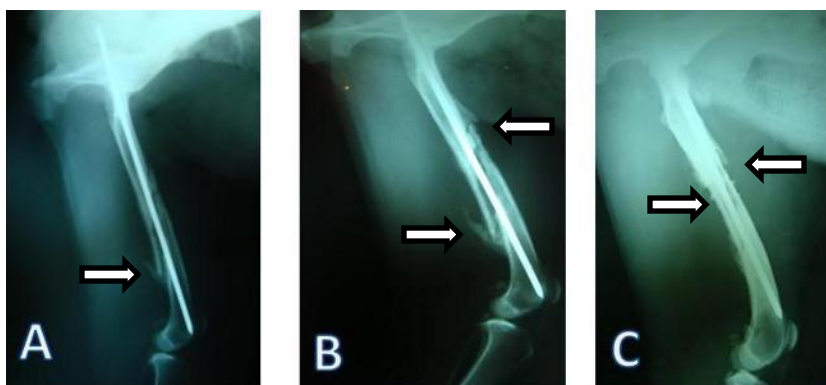


FIGURA 37. Exposición mediolateral del fémur izquierdo, donde se aprecia la presencia de calo óseo en la fractura a los días 14(A), 28 (B) y 56 (C) postoperatorios y la radio lucidez sugerente de la presencia de los cinchos de plástico en la estabilización de las líneas de la fractura al día 56.

**Tabla 7. Medias de mínimos cuadrados para movimiento de fragmentos (MF) de acuerdo al método de esterilización de los cinchos de plástico.**

| Método de Esterilización | N | Movimiento de fragmentos (%) |
|--------------------------|---|------------------------------|
| Solución Alkacide        | 6 | 60.0 <sup>a</sup>            |
| Autoclave                | 6 | 29.4 <sup>b</sup>            |

<sup>a, b</sup> = Diferencias estadísticas dentro de columna ( $P > 0.05$ )

En relación a los a los resultados obtenidos de los estudios radiográficos sobre el movimiento de fragmentos de la fractura (Tabla 7), se estableció que ( $P > 0.001$ ) que el método de esterilización tiene un efecto sobre los cinchos de plástico, ya que al utilizar cinchos esterilizados en solución Alkacide se observó radiográficamente un mayor porcentaje (60%) de movimiento de los fragmentos, ello en comparación con los cinchos esterilizados en autoclave (29.4%) (Figura 38).

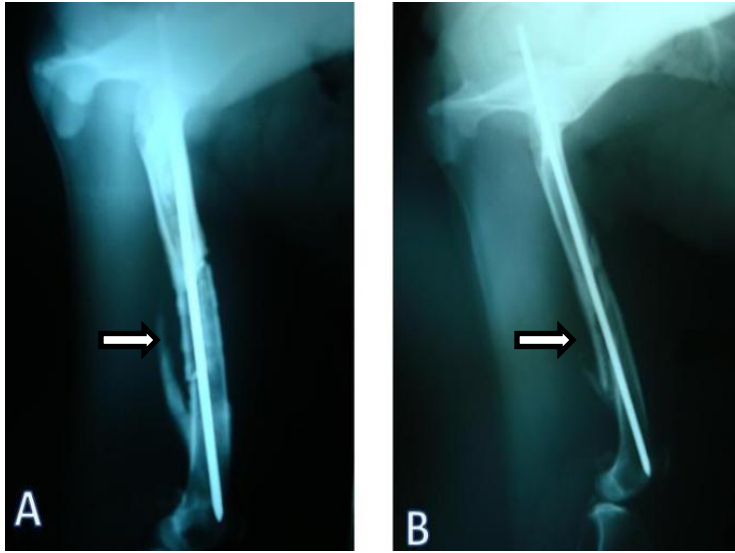


Figura 38. Proyecciones mediolateral de la extremidad fracturada a los 28 días. Donde se observa la radiodensidad sugerente de la presencia de los cinchos cubiertos por el calló óseo (A) y movimiento de los fragmentos de la fractura sugerente de la falla de los cinchos en la fijación de la fractura, sin observar radiolucidez de los cinchos de plástico (B)

Con respecto a los resultados de histología, al día 14 se observó la presencia de resorción de tejido necrótico en la línea de la fractura, fibrosis y formación tejido óseo esponjoso (Figura 39). Por otro lado se apreció la existencia de callo cartilaginoso con pequeños sitios de hueso esponjoso (Figura 40), formando el callo puente alrededor del sitio de la fractura (Figura 41). En el tejido muscular se aprecia células satélite encargadas de la reparación del tejido muscular (Figura 42).

Cortes histológicos del hueso fémur en el sitio de fractura a los 14 días utilizando tinción de Hematoxilina y Eosina (HE).

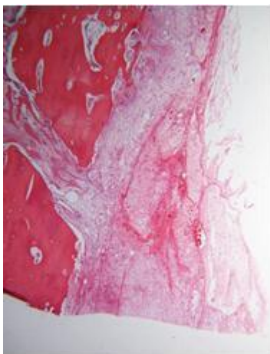


Figura 39. Resorción de tejido necrótico, presencia de tejido fibroso y formación de hueso esponjoso. (2.5x)

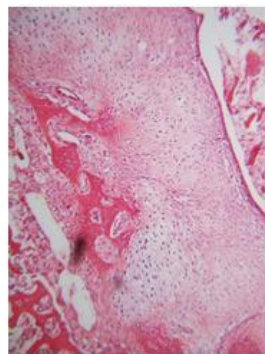


Figura 40. Callo cartilaginoso. (10x)

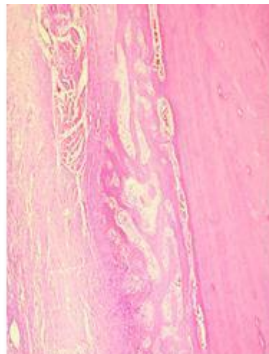


Figura 41. Callo puente. (10x)

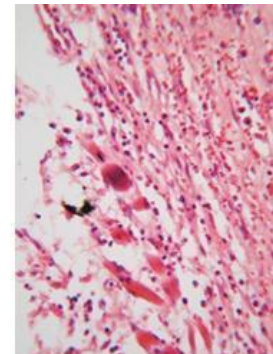


Figura 42. Célula muscular satélite. (40x)



Al día 28, se observó una arquitectura muscular indefinida, abundante hueso trabecular y tejido fibroso alrededor del sitio de fractura externamente (Figura 43), así como también en la cavidad medular (Figura 44). Se observó actividad de los osteoclastos participando en la resorción del tejido granular para posteriormente formar el hueso trabecular (Figura 45).

Cortes histológicos del hueso fémur en el sitio de fractura a los 28 días utilizando tinción de Hematoxilina y Eosina (HE).

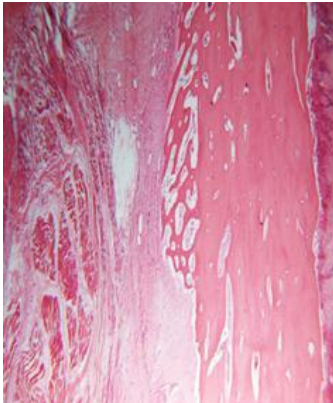


Figura 43. Hueso trabecular y tejido fibroso. (2.5x)

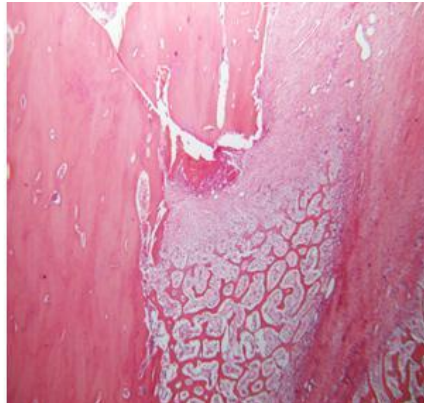


Figura 44. Tejido óseo esponjoso y tejido fibroso en cavidad medular. (2.5x)

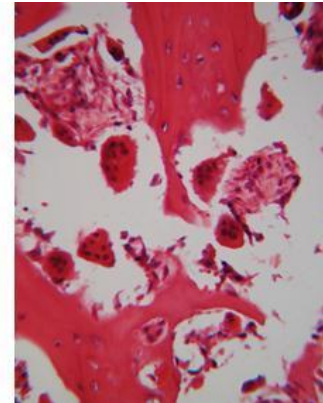


Figura 45. Osteoclastos fagocitando. (40x)

Al día 56, han sido apreciadas lagunas cartilaginosas en proceso de formación del hueso esponjoso (Figura 46). Por otra parte se aprecia una organización de fibras musculares y periostio, y el hueso esponjoso en proceso de remodelación (Figura 47). Alrededor del cincho de plástico se puede observar tejido de granulación, así como la forma que adopta el cincho de plástico conforme se da la reparación del tejido (Figura 48).

Cortes histológicos del hueso fémur en el sitio de fractura a los 56 días utilizando tinción de Hematoxilina y Eosina (HE).

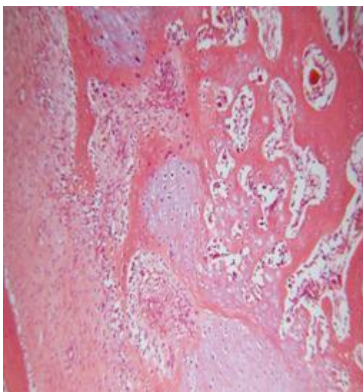


Figura 46. Lagunas de cartilago. (10x)

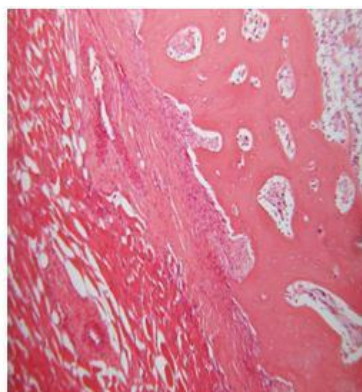


Figura 47. Organización de fibras musculares y periostio, así como, remodelación de hueso esponjoso. (10x)

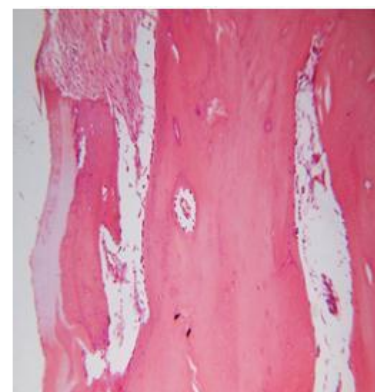


Figura 48. Tejido de reparación adyacente al cincho de plástico y cincho de plástico adoptando la forma del tejido reparado. (10x)

## DISCUSIÓN

El empleo de cinchos de plástico para sujeción de cables como cerclaje permanente en la reparación de fracturas oblicuas diafisiarias del fémur en perros, no se ha documentado. No obstante, se han hecho estudios similares en otras especies animales, como son la rata, el ratón y el conejo, así como también en humanos.

Al respecto de los resultados obtenidos en IM de la extremidad de acuerdo con los días posoperatorios (IM=1 a 28 días; Tabla 2), concuerda con Edge (2007), quien establece que una recuperación exitosa está determinada por la movilidad en un menor tiempo (4 semanas). En contraste, Brinker (2007) señala que la movilidad normal en perros con fracturas oblicuas en el tercio medio del fémur se obtiene de 6 a 12 semanas postoperatoriamente utilizando cerclaje de alambre.

Por otra parte, Carrillo (2005) señala que en conejos la movilidad de la extremidad fue en las 24 horas postoperatoriamente al utilizar cinchos de plástico como cerclaje permanente sin ninguna complicación. Aunque si bien se debe establecer las diferencias en la fractura en “Z” hecha en los conejos-que en si es estable-y el peso corporal promedio de los conejos (3.6kg) y la fractura oblicua-quirúrgicamente inestable-hecha en los perros y el peso de los pacientes utilizados en la presente investigación (15.7 kg).

En relación a los resultados obtenidos para el AEE y AED, estos no concuerdan con lo obtenido con Carrillo (2005), quien señala que en conejos el apoyo total en



estática y en dinámica total, utilizando cinchos de plástico, se observó en 3 días postoperatoriamente. Mientras que en este estudio el apoyo total fue a partir de los 28 días, pues el peso de los perros jugó un papel importante en AEE y AED (Tabla 2). Respecto a estas variables no existen estudios en perros que permitan contrastar estos resultados.

En lo referente a los métodos de esterilización de los cinchos de plástico, los resultados encontrados concuerdan con Kirby y Wilson (1989), quienes demostraron que la esterilización en autoclave es superior a la esterilización en solución, ya que al esterilizar los cinchos de plástico en solución provocan pérdida de la fuerza de tensión de la banda y la falla del mecanismo de cierre de las mismas. Lo que podría explicar los resultados de las variables analizadas en este trabajo cuando se utilizó la esterilización de los cinchos en autoclave y solución Alkacide (Tabla 3). Es muy probable que los cinchos esterilizados en solución Alkacide permitieran el movimiento de los fragmentos de la fractura, ello de acuerdo a la explicación de Kirby y Wilson (1989). Lo que se refuerza con Carrillo (2005), quien determinó que la esterilización en la autoclave incrementa la fuerza de tensión de los cinchos de plástico.

Los resultados obtenidos para la presencia de aire postquirúrgico (Figura 32 y Tabla 4), no concuerdan con Carrillo (2005), quien no observó evidencia de aire postquirúrgico en la reparación de fracturas oblicuas en el fémur en conejos. La presencia de aire postquirúrgico se da debido a la separación de los

tejidos del musculo y el hueso, quedando un espacio anatómico muerto. El cual no presenta relevancia clínica, en la reparación ósea.

En lo referente a los resultados obtenidos para la presencia de reacción periosteal (Figura 33 y Tabla 5), se pudo observar la presencia de esta reacción hasta al día 14 postoperatorio, aspecto que no concuerda con Carrillo (2005) quien señala la presencia de reacción periosteal a los 7 días posoperatorios en conejos. Al respecto Olmstead (1995), Nwadike y Hesback (2004); citados por Edge, 2007 establecieron que la edad de los animales, el tipo de fractura y el daño al tejido muscular, son factores determinantes en la cicatrización y reacción tisular en el organismo. En animales jóvenes la cicatrización y reacción de los tejidos se da en menor tiempo, ya que presentan un periostio con mayor irrigación en comparación con animales adultos. En este sentido, McKiBBIN (1978) determinó que el periostio es una membrana de doble capa fibrosa que funciona como barrera de defensa en presencia de objetos extraños en el organismo.

En relación con los resultados obtenidos para la presencia de callo óseo (Tabla 6 y Figura 34), estos concuerdan con lo obtenido por Carrillo (2005), quien estableció la presencia de callo óseo observada a nivel radiográfico en conejos en el día 28 postoperatorio. Lo que también concuerda con Schell (2005) quien estableció que la fijación de la fractura con cinchos de plástico, proporciona suficiente estabilidad de las fuerzas biomecánicas que actúan en la fractura y permite micro-movimientos que estimulan el desarrollo del calló óseo y una cicatrización por segunda intención.

En lo referente a los resultados obtenidos en los estudios radiográficos para el movimiento de los fragmentos (Tabla 35 y Figura 8), no concuerdan con Kirby y Wilson (1989), quienes establecieron que la falla de los cinchos es visible radiográficamente al observar una radiolucidez de los mismos. En este sentido Carrillo (2005) menciona que los cinchos son visibles radiográficamente cuando son cubiertos por el calló óseo al día 28. En este estudio se observó en las placas radiográficas la presencia de los cinchos al ser recubiertos por el calló óseo de acuerdo a lo establecido por Carrillo (2005). Por otra parte, se observó el movimiento de los fragmentos, lo que sugiere la falla de los cinchos en la fijación de la fractura, pero no así la radiolucidez establecida por Kirby y Wilson (1989).

De acuerdo con el resultado obtenido en los estudios histológicos al día 14 postoperatorio, este concuerda con el resultado obtenido por Carrillo (2005) en conejos, quien reporta la presencia de callo cartilaginoso para la formación del callo puente. En este sentido Shapiro (2008) establece que en ratas se puede observar la formación de callo cartilaginoso a la semana de ocurrida la fractura y la reconstrucción de la capa fibrosa del periostio.

Los resultados obtenidos para el día 28 postoperatorio, difieren de lo reportado por Carrillo (2005), quien menciona una recuperación muscular completa y abundante callo óseo alrededor del cincho de plástico. Aunque si bien se debe establecer que los conejos utilizados por dicho investigador fueron sujetos jóvenes, en contraste con los sujetos adultos de estudio de esta investigación, los cuales presentan una recuperación más lenta.

Referente a lo observado al día 56 postoperatorio, los resultados son similares a los obtenidos por Carrillo (2005), quien reporta la resorción del calo óseo y el inicio de la remodelación del hueso, así como, lapresencia de calo óseo adyacente al cincho de plástico. Por otro lado Shapiro (2008) establece que fracturas de ratas a los dos meses ya no se aprecia calo cartilaginoso, ya que ha sido remplazado por el calo óseo. Ello difiere del resultado obtenido en esta investigación, ya que a los 56 días postoperatorios se pudo observar una mínima presencia de calo cartilaginoso como se puede observar en la figura 46.

Los resultados de esta investigación, sobre el uso de cinchos de plástico como cerclajes permanentes en fracturas oblicuas en perros, determinaron el uso potencial de este material. Aunque si bien, en la fijación de este tipo de fracturas, se pueden elegirse diferentes implantes ortopédicos, entre los que se encuentran los clavos intramedulares y los cerclajes de alambre ortopédico, ya en 1981, Schmidt et al. Propusieron el uso de bandas de nylon (cinchos sujeta cables) en aplicación temporal en fracturas del hueso fémur en humanos; pero no con la idea de fijación permanente, sino para obviar las sujeción de las pinzas sujeta huesos y con la intención de obtener un campo quirúrgico amplio para proceder con mayor facilidad y eficiencia quirúrgica en la osteosíntesis de las fracturas oblicuas. En 1976, Partridge utilizó los cinchos de plástico en la osteosíntesis de fracturas oblicuas como fijación permanente en humanos. En el 2005, aparece el primer trabajo de investigación en medicina veterinaria sobre el uso de cinchos de plástico como cerclaje permanente para la fijación de fracturas oblicuas en conejos

(Carrillo, 2005) y en el 2006, Izquierdo et al. publicaron resultados sobre la utilización de los cinchos de plástico, pero en ratas.

Como se puede apreciar, fue a partir del 2005 cuando nuevamente surge el interés por utilizar los cinchos de plástico como cerclaje en la fijación de fracturas oblicuas. No obstante, el uso de este material aun ha permanecido bajo estudios experimentales, en un intento de establecer la idoneidad de estos en la práctica cotidiana. Por ello, la escasa información sobre este tópico, aspecto que limitó una mayor exploración en la discusión de los resultados obtenidos.

De manera general, se puede establecer que la utilización de los cinchos en cirugía ortopédica en perros es una alternativa viable, pues los resultados de movilidad de la extremidad en estática y en dinámica -de los perros analizados- se recuperó a partir del día 28; siendo evidente la recuperación total, en cuanto a movilidad se refiere, al día 56 postoperatorio. Sin embargo, este resultado no pudo ser contrastado debido a que las investigaciones sobre cinchos de plástico en perros son nulas. No obstante, en otras especies animales se ha establecido que el tiempo de movilidad de la extremidad afectada es de aproximadamente 4 semanas (Edge 2007).

Uno de los aportes interesantes en esta investigación, fue que la recuperación total de la movilidad de la extremidad afectada está en función del peso del paciente. Lo que no se pudo discutir ni contrastar con otras experiencias en perros, ni con otras especies. Sin embargo, en cuanto al peso y recuperación de la movilidad, Osorio et al. (2009) concluye que la movilidad de la extremidad -en

fracturas de huesos largos- en perros con peso inferior a 10 kg recuperan la movilidad en estática y dinámica al día 7 postoperatorio, a diferencia de perros más pesados (14.6 Kg). Aunque si bien, estos investigadores no utilizaron cinchos de plástico sino placas de PVC, este reporte puede ser un punto de referencia para la contratación de los resultados sobre aspectos de la recuperación de la movilidad total de la extremidad fracturada cuando se utilizan los cinchos de plástico.

Aun y cuando los resultados de movilidad son alentadores con el uso de los cinchos de plástico, no dejan de ser importantes los resultados obtenidos a través de la observación de las placas radiográficas de los pacientes (con osteosíntesis de fracturas) durante los días 14, 28 y 56 postoperatorios, mismas que evidenciaron porcentajes bajos de presencia de aire postquirúrgico al día 56 (5 % de las placas analizadas). Al respecto, An et al. (2000) determinaron que la presencia de aire postquirúrgico está dada por el aire que se encuentra presente entre los tejidos y que queda atrapado al momento de la sutura de los tejidos.

En lo referente a la reacción periosteal, ésta se pudo observar al día 14 postoperatorio. En este sentido, McKibbin (1978) determino que esta reacción es lo primero que se observa ante la inflamación del tejido óseo. Puesto que el periostio es una membrana de doble capa fibrosa que funciona como barrera de defensa en presencia de objetos extraños en el organismo. Tal como lo fueron los cinchos de plástico. Para Olmstead (1995), Nwadike y Hesback (2004; citados por Edge, 2007) la magnitud de la respuesta –reacción periosteal- está determinada

por la edad de los animales, el tipo de fractura y el daño al tejido muscular. Aspectos estos que también son factores determinantes en la cicatrización ósea. En animales jóvenes, la cicatrización y reacción de los tejidos se da en menor tiempo, ya que presentan un periostio con mayor irrigación en comparación con animales adultos.

Los resultados sobre la presencia de callo óseo en los perros evaluados radiográficamente, refuerzan la viabilidad de los cinchos de plástico como cerclajes permanentes en fracturas oblicuas diafisiarias del fémur en perros, pues estos proporcionaron suficiente estabilidad de las fuerzas biomecánicas que actúan en la fractura y permite micro-movimientos que estimulan el desarrollo del calló óseo, lo que concuerda con Schell et al. (2005) y Perren (2002).

Finalmente, los resultados de los estudios histológicos muestran que los cinchos de plástico son viables como cerclaje, ya no interfieren en la reparación del hueso, permitiendo las fases de la cicatrización del mismo, cabe señalar que los resultados de histología obtenidos en perros no se pudieron contrastar, ya que no hay investigaciones en esta especie del uso de cinchos de plástico como cerclaje permanente en fracturas oblicuas diafisiarias del fémur.

## **CONCLUSION.**

Los cinchos de plástico pueden ser utilizados como cerclaje permanente en la estabilización de fracturas oblicuas diafisarias del fémur en perros. Pues el tiempo de recuperación de la extremidad fracturada empleando estos cinchos se obtiene a partir del día 28 postoperatorio, aunque si bien el peso del perro fue un factor determinante en la recuperación de la movilidad de la extremidad. Finalmente, los cinchos deben ser esterilizados en autoclave evitando las soluciones, las cuales aparentemente deterioran las propiedades de fuerza tensional de las cremalleras en los cinchos de plástico.

Se pudo comprobar radiográficamente, la mínima presencia de aire postquirúrgico y de reacción periosteal en los perros analizados. Por otra parte, con el empleo de los cinchos de plástico la presencia de callo óseo observada en radiografías fue moderada y uniforme a partir del día 28 postoperatorio.

Histológicamente se pudo observar que los cinchos permiten una cicatrización ósea sin cambios significativos, permitiendo la formación de callo ósea a los 28 días postoperatorios y recuperación de la estructura normal del músculo, así como el inicio de la remodelación del hueso a los 56 días.

Bajo estas condiciones, se puede establecer que los cinchos de plástico, como cerclajes permanentes en fracturas oblicuas del fémur en perros, son viables. Aunque es necesario realizar una investigación con un mayor número de animales y con un grupo de perros testigo (donde se utilicen cerclajes de alambre), para ser evaluados bajo las mismas condiciones; tanto de técnicas quirúrgicas y ambientales. Además, es necesario utilizar tecnologías más recientes como serian



la ultrasonografía, tomografía computarizada, ultrasonometría, entre otras más, para obtener mayor certeza en la idoneidad de la aplicación de dichos cinchos.

## **Bibliografía.**

- An YH. Woolf SK. Friedman RJ. **2000** Pre-Clinical in vivo evaluation of orthopaedic bioabsorbable devices. *Biomaterials* 21:2635-2652.
- Andrew T B. Edney BA. **1995** Companion animals and human health: an overview. *J R Soc Med*, 88:704P-708P
- Beale B. **2004** Orthopedic clinical techniques femur fracture repair. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 19: 134-150.
- Braunstein EM, Goldstein SA, Ku J, Smith P, Matthews LS. **1986** Computed tomography and plain radiography in experimental fracture healing. *Skeletal Radiology*. 15: 27-31
- Brinker, Piermattiei y Flo. **2007** Manual de ortopedia y Reparación de fracturas en pequeños animales. Cuarta edición, Interamericana, Buenos Aires Argentina. p 26-49, 101-122
- Carrillo JM, Sopena JJ, Rubio M, Redondo JI, Serra I, Soler C. **2005** Experimental Use of Polyamide Bands in Combination with Intramedullary Pinning for Repair of oblique Femoral Fractures in Rabbits. *Veterinary Surgery*, 34: 387-392.
- Edge L. **2007** en *Animal Physiotherapy Assessment, Treatment and Rehabilitation of animals*. Blackwell Publishing first edition. Singapore p. 218.
- Glinkowski W, Zylkowski J, Wojciechowski A, Górecki A. **2006** The Development of Methods for Quantitative Clinical Assessment of the Fracture Healing. XI conference. 46-61.
- Harasen G. **2003** Common long bone fracture in small animal practice part 2. *Can Vet J*, 44: 503-5004
- Henry GA. **2007** in *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. Saunders, Fifth edition St. Louis Missouri. P 284-305.
- Hernández Moreno M. **2002** Introducción a la cirugía ortopédica veterinaria, Gutenberg arte Gráfico. Morelia Michoacán. p 65-85

- Izquierdo, D. Zunino, J.H. Semiglia, G. **2006** Evaluation of biological and mechanical performance of nylon 66 in rats for cerclage in orthopedic surgery. Arch. Med. Vet. 38, (3) 277-281.
- Kirby BM, Wilson JW. **1991** Effect of circumferential bands on cortical vascularity and viability. J Orthop Res 9:174-179
- Kirby BM, Wilson JW. **1989** Knot strength of nylon-band cerclage. Acta orthop Scand. 60(6):696-698.
- Koji Hattori et al. **2001** Prospects for Bone Fixation-development of new cerclage fixation techniques. Materials science and Engineering, 17: 27-32.
- Lee R. **1999** Manual of small animal diagnostic. British small animal veterinary association, United Kingdom. P 104-105.
- Lujan TJ, Madey SM, Fitzpatrick DC, Byrd GD, Sanderson JM Bottlang M. **2010** A computational technique to measure fracture callus in radiographs. Journal of Biomechanics. 43: 792-795.
- Mckibbin B. **1978**. The Biology of Fracture Healing in Long Bones. The journal of bone and joint surgery. 60: 150-162.
- Nwadike BS. Hesbach A. **2004**. Rehabilitation of fracture patients. In Proceedings of the 3<sup>rd</sup> international symposium on Rehabilitation and physical therapy in Veterinary Medicine. Research Triangle Park, NC, p 141-144.
- Olmstead, ML. 1995 Small Animal Orthopaedics. Mosby, St Louis, MO.
- Osorio MJ. Restrepo EA. Silva-Molano RF. **2009**. Descripción clínica de placas para osteosíntesis fabricadas con policloruro de vinilo (PVC) como método de fijación para fracturas de huesos largos en caninos. vet.zootec. 3(2): 41-43.
- Owens JM. Biery DN. **1999** Radiographic interpretation for the small animal clinician. Williams&Winking, second edition. P 46-48.
- Partridge A. **1976** Nylon straps for internal fixation of bone. Lancet, 2:1252
- Partridge A. **1982** The treatment of fractures of the shaft of the femur using nylon cerclage. The journal the bone and joint surgery. 64 (2)

- Peel, D. Mclachlan G. J. **2000** Robust mixture modelling using the  $t$  distribution. Statistics and computing. 10, 339-348.
- Perren S. **2002**. Evolution Of the internal fixation of long bone fractures. The journal of bone and joint surgery (Br). 84(8): 1093-110.
- Piermattei Donald L. Keinneth A. Johnson. **2004** An Atlas of Surgical Approaches to the bones and joints of the dog and cat. Saunders Fourth Edition Philadelphia, Pennsylvania. p 1-26, 336,337
- Reith H-B. **1994** Sonographie des knochens.Experimentelle und KlinischeErgebnissezurVerlaufsskontrollenachFrakturen und Spongiosatransplantationen. Freiburg, S. Karger GmbH. 1-56.
- Regauer M, Jürgens P, Budenhofer U, Hartstock M, Böcker W, Bürkein D, Mutschler W, Sader R, Schieker M. **2006** Quantitative scanning acoustic microscopy compared to microradiography for assessment of new bone formation. BONE. 38 562-570.
- Risselada M, Kramer M, Rooster H. Taeymans O, Verleyen P. Van bree H. **2005**Ultrasonografic and Radiographic Assessment of Uncomplicated Secondary Fracture Healing of Long Bones in Dogs and Cats.Veterinary Surgery. 34: 99-107.
- Rhineland FW, Stewart CL. **1983** Experimental fixation of femoral osteotomies by cerclage with nylon straps. ClinOrthop, 179:298–307
- Richard L.C. *et al.***1984** The response of articular cartilage to weight –bearing against metal. The journal of bone and joint surgery. 66:592-597.
- Roe Simon C. **1997** Mechanical Characteristics and Comparisons of Cerclage Wires: Introduction of the Double wrap and Loop/Twist Tying Methods. Veterinary Surgery. 26: 310-316
- Schell H, Epari DR, Kassi JP, Bragulla H, Bail HJ, Duda GN. **2005**. The course of bone healing is influenced by the initial shear fixation stability. Journal of Orthopaedic Research 23: 1022-1028.
- Schmidt TL, Davis WM. **1981** Intraoperative use of nylon bands in fracture fixation. ClinOrthop, 1981,154:341–343

- Schmidhammer R, Zandieh S, Mittermayr R, Pelinka LE, Leixnering M, Hopf R, Kroepfl A, Reld H. **2006** Assessment of Bone Union/Nonunion in an Experimental Model Using Microcomputed Technology. J trauma 61: 199-205.
- Shapiro F. **2008** Bone Development and its Relation to Fracture Repair. The Role of Mesenchymal Osteoblastsand Surface Osteoblasts. European Cells and Materials 15:53-76.
- Slatter Douglas. **2005** Tratado de Cirugía en Pequeños Animales. Inter-médica tercera edición, Aires Argentina p 2044-2082, 2353-2386
- Stiffler Kevin S. **2005** Internal Fracture Fixation. Clinical Techniques in Small Animal Practice. 19: 105-113
- Walsh F. **2009** Human-Animal Bonds II: The Role of Pets in Family Systems and Family Therapy. FamProc 48:481–499.
- WelchFossum T. **2004** Cirugía en Pequeños Animales, segunda edición, Inter-médica, Buenos Aires Argentina. p 936-941, 953-957.