

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOMÉDICAS

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

**“ EFECTO DE LAS ONDAS DE PRESIÓN RADIAL EN LESIONES
CORTANTES MAYORES AL 60% DEL TENDÓN DE AQUILES EN UN
MODELO ANIMAL ”**

POR:

DR. CÉSAR GONZÁLEZ ALCÁNTARA

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIDAD EN TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDIA

CHIHUAHUA, CHIHUAHUA FEBRERO 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOMÉDICAS
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



La tesis " EFECTO DE LAS ONDAS DE PRESION RADIAL EN LESIONES CORTANTES MAYORES AL 60% DEL TENDON DE AQUILES EN UN MODELO ANIMAL" que presenta César González Alcántara, como requisito parcial para obtener el grado de especialidad en **Traumatología y ortopedia** ha sido revisada y aprobada por la facultad de medicina y Ciencias Biomedicas

DR. SAID ALEJANDRO DE LA CRUZ REY
Secretario de Investigación y Posgrado
Facultad de Medicina y Ciencias Biomedicas
Universidad Autónoma de Chihuahua

DRA. MEGNY GONZALEZ RAMIREZ
Jeja de Enseñanza
Hospital Central del Estado

DR. LUIS BALTAZAR GARCIA RODRIGUEZ
Profesor Titular de la Especialidad
Hospital Central del Estado

DR. LUIS BALTAZAR GARCIA RODRIGUEZ
Director de Tesis
Hospital Central del Estado

DR. AZAEL ANTONIO FLORES SALINAS
Co-director de Tesis
Clínicas de rehabilitación Physis

DR ALEJANDRO ALARCON MENDOZA
Asesor metodológico
Maestro adjunto
Universidad Autónoma de Chihuahua

Se certifica, bajo protesta de decir verdad, que las firmas consignadas al pie del presente documento son de carácter original y autentico, correspondiendo de manera inequívoca a los responsables de las labores de dirección, seguimiento, asesoría y evaluación, en estricta conformidad con lo dispuesto en la normativa vigente de esta institución universitaria.

“Efecto de las ondas de presión radial en lesiones cortantes mayores al 60% del tendón de aquiles en un modelo animal”

Resumen

Se evaluó la eficacia de las ondas de presión radial en la curación del tendón de aquiles en un modelo animal de conejos. La lesión se creó al realizar una tenotomía al 60% en el tendón de aquiles en 20 conejos nueva zelanda adultos. A las 8 semanas post operatorias, los animales se dividieron en 2 grupos, el primero recibió ondas de presión radial 2150 disparos, a una frecuencia de 6 Hertz, con una intensidad de 2 Bar, 3 sesiones en espacio 1 semana, el segundo grupo no recibió ondas de presión radial, todos los especímenes fueron sacrificados a las 14 semanas post operatorias. El análisis histopatológico no demostró diferencia estadística significativa, entre ambos grupos de estudio, evidenciando solo una tendencia estadística hacia la significancia, entre los grupos en las variables de organización de colágeno y aumento de capilares con p de 0.17 y p de 0.11 respectivamente

Palabras clave: *Ondas de presión radial, tendón de aquiles, modelo animal, lesión cortante tendón, reparación de tendón, respuesta biológica*

"Effect of radial pressure waves on cutting injuries greater than 60% of the Achilles tendon in an animal model"

Summary

The efficacy of radial pressure waves in healing the Achilles tendon was evaluated in an animal model of rabbits. The injury was created by performing a 60% tenotomy on the Achilles tendon in twenty adult New Zealand rabbits. At 8 weeks postoperatively, the animals were divided into 2 groups, the first received radial pressure waves 2150 shots, at a frequency of 6 Hertz, with an intensity of 2 Bar, 3 sessions in 1-week space, the second group did not receive radial pressure waves, all specimens were sacrificed at 14 weeks postoperatively. The histopathological analysis did not show a statistically significant difference between the two study groups, evidencing only a statistical trend towards significance between the groups in the variables of collagen organization and capillary increase with p of 0.17 and p of 0.11 respectively.

Keywords: *Shock waves, Achilles tendon, animal model, tendon injury, tendon repair, biological response*



SECRETARÍA
DE SALUD

ICRISAL
INSTITUTO CHIHUAHUENSE
DE SALUD



MEDI
CHIHUAHUA
JUNTOS POR LA SALUD

Chihuahua, Chih A 06 de FEBRERO de 2025
Oficio: HC/EM67/2025
Asunto: LIBERACION DE TESIS

DR. SAID ALEJANDRO DE LA CRUZ REY
SECRETARIO DE INVESTIGACION Y POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOMEDICAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA
P R E S E N T E.-

La que suscribe, Jefa de Enseñanza Médica del Hospital Central del Estado.

HACE CONSTAR

Que el DR. CÉSAR GONZÁLEZ ALCÁNTARA, residente de la especialidad de TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDA de CUARTO AÑO, entregó en forma su tesis:

“EFECTO DE LAS ONDAS DE PRESIÓN RADIAL EN LESIONES CORTANTES MAYORES AL 60% DEL TENDÓN DE AQUILES EN UN MODELO ANIMAL”

Así mismo manifiesto que no tiene adeudo alguno en éste Hospital, y después de valorar su caso en el comité de investigación del Hospital se autoriza liberación de su tesis para continuar con sus trámites.

Se expide la presente a petición del interesado para los fines que le convengan, en la ciudad de Chihuahua, Chih. a los 06 días del mes de febrero del 2025.



ENSEÑANZA MEDICA



SECRETARÍA
DE SALUD

ATENTAMENTE
DRA. MEGNY GONZALEZ RAMIREZ
JEFATURA DE ENSEÑANZA MÉDICA
HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA
"Dr. Jesús Enrique Grajeda Herrera"
Tel. 614.429.33.00 Ext. 16526 y 16527

Calle Antonio Rosales 3302,
Col. Obrera, Chihuahua, Chih.
Teléfono (614) 429-3300 Ext.

www.chihuahua.gob.mx/secretariadesalud



INDICE

1.0. INTRODUCCIÓN	1
1.1. MARCO TEÓRICO.....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	14
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.3.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5. HIPOTESIS	18
1.6. OBJETIVO.....	19
1.6.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2. MATERIAL Y MÉTODOS	20
2.1. TIPO DE ESTUDIO.....	20
2.2. DISEÑO DE ESTUDIO	20
2.3. POBLACION DE ESTUDIO	20
2.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:.....	20
2.5. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:.....	20
2.6. TAMAÑO DE MUESTRAS	20
2.7. ANALISIS ESTADISTICO	21
2.8. VARIABLES.....	21
2.9. BIOSEGURIDAD Y TRATO ANIMAL.....	23
3. TÉCNICA Y PROCEDIMIENTOS.....	27



5. RESULTADOS.....	34
6. DISCUSIÓN.....	37
7. CONCLUSIÓN.....	39
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
9.0 ANEXOS.....	49



1.0. INTRODUCCIÓN

El tendón de Aquiles, el más fuerte y largo del cuerpo humano (1), es fundamental para la locomoción y el desempeño atlético, es una estructura bien estudiada que permite la flexión plantar del pie (2), se le dio su nombre informal en 1693, aludiendo a la muerte del dios griego semiinmortalizado Aquiles (3), transmite las fuerzas generadas por los flexores plantares de tobillo más fuertes, también cruza y actúa sobre la rodilla, el tobillo y la articulación subtalar (4); Su ubicación y función lo hacen susceptible a diversas lesiones, como rupturas agudas, lesiones cortantes y tendinopatías crónicas, las cuales pueden resultar de traumatismos directos o accidentes, siendo lesionados un gran número de pacientes, durante la realización de deporte, destacando un grupo en particular, el de jóvenes corredores aficionados con sobrepeso (5), siendo la obesidad es un factor de riesgo importante para la tendinopatía de Aquiles (5); todas estas características han impulsado la demanda de desarrollar una mejor comprensión de estas lesiones y de sus formas de tratamiento; Estas lesiones no solo representan un desafío significativo para los profesionales de la salud debido a la complejidad de su reparación y rehabilitación, sino que también impactan negativamente en la calidad de vida del paciente debido a la prolongada recuperación y las posibles complicaciones

La terapia de ondas de choque extracorpóreas (ESWT, por sus siglas en inglés) es una forma de tratamiento no invasiva (6), que ha surgido como una modalidad terapéutica innovadora para el tratamiento de diversas afecciones musculoesqueléticas, Inicialmente desarrollada para la fragmentación de cálculos renales en la década de 1980, la ESWT ha sido adaptada para tratar tendinopatías crónicas y otras lesiones del tejido blando debido a su capacidad para promover la



regeneración tisular, mejorar la neovascularización y reducir el dolor (7). Sin embargo, la aplicación de ESWT en lesiones cortantes del tendón de Aquiles es un campo emergente y menos estudiado, que ofrece un potencial significativo, pero requiere una evaluación rigurosa.

1.1. MARCO TEÓRICO

Los tendones son tejidos conectivos complejos y componentes esenciales de nuestro sistema musculoesquelético, su función es ayudar en la locomoción y ayudar en la estabilización dinámica y estática de las articulaciones (8), el tendón tiene propiedades elásticas y viscoelásticas que contribuyen a su capacidad para resistir una variedad de escenarios de carga (8), esto resultado de su compleja composición y características estructurales en cada nivel de organización que conducen a su respuesta a la función conjunta.

En el nivel más básico, la composición del tendón se organiza de manera consistente en todo el cuerpo, a pesar de su superestructura a menudo diferente en diferentes zonas, los principales componentes funcionales del tendón son el agua y el colágeno, el agua como principal componente, con un aproximado de 50 % a 60 % del peso del total del tendón, el colágeno representa por su parte un aproximado de 75 % del peso en seco, predominando el colágeno tipo I con un 95 %, con una mucho menor cantidad de colágeno tipo III y otros colágenos (8); El tendón también está compuesto por proteoglicanos y células tendinosas, conocidas como tenocitos, que son fibroblastos de forma aplanada; Los tenocitos mantienen el medio extracelular que permite la función normal de Tendón secretando la matriz extracelular, sintetizando el colágeno y los proteoglicanos (9), poseen largos procesos celulares que envuelven e interdigitan con las fibrillas de colágeno y otros



procesos de tenocitos y cuerpos celulares, sensibles a la carga mecánica y pueden comunicarse con los tenocitos adyacentes a través de uniones de brecha en su interfaz, así como por la producción de mediadores inflamatorios bajo estrés (9); Los proteoglicanos están compuestos por una proteína central unida covalentemente a una o más cadenas de glicosaminoglicano desempeñando un papel importante en la mecánica, específicamente en las propiedades viscoelásticas, a través de su asociación con el agua, la principal subcategoría de proteoglicanos en el tendón son los pequeños proteoglicanos ricos en leucina (10), los más abundantes en el tendón son decorin y biglycan (clase I), seguido de la fibromodulina y el lumicano (clase II), ambas clases desempeñan un papel importante en el crecimiento del tendón, la regulación y la homeostasis; Se ha demostrado que estas moléculas se unen al colágeno y tienen un impacto significativo en la organización jerárquica del tendón y sus propiedades mecánicas (11).

A nivel molecular los tendones están dispuestos en una jerarquía, que comienza con la triple hélice del colágeno, luego las microfibrillas, las fibrilas, los fascículos y, en última instancia, el propio tendón. El ensamblaje mediado y la reticulación del colágeno en estas microfibrillas es fundamental para la resistencia mecánica del tejido (10), Otro elemento importante del ensamblaje y la estructura del colágeno es el crimpado, conocido como las líneas "engarzadas" en el tendón cuando se ve a nivel microscópico, y es evidente ultraestructuralmente apareciendo como líneas "engarzadas" en el tendón cuando se ve a nivel microscópico; La superestructura de los tendones es la organización progresiva de las fibrilas en fascículos más grandes que se van agrupando consecutivamente para producir un tendón funcional, así como el tejido conectivo de apoyo que preserva las relaciones



anatómicas y fisiológicas locales, estos grupos de fascículos están separados y unidos por una fina capa de tejido conectivo, esto conocido como el endotenón, contiguo con el endotenón está el epitenón, tejido que envuelve todo el tendón (8), además algunos tendones se envuelven con un paratenón, como por ejemplo el tendón de Aquiles y otros están cubiertos con sinovium, como por ejemplo los tendones flexores, todo esto dependiendo del grado de deslizamiento requerido. Tanto el endotenón como el epitenón sirven para impregnar el tendón con la vasos sanguíneos, linfáticos y nervios.

Otro aspecto de la morfología y las relaciones funcionales del tendón, son su origen e inserción teniendo dos regiones de unión: la unión miotendinosa y la unión del hueso-tendón (8); La unión miotendinosa está compuesta por las interdigitaciones de los sarcómeros finales y los elementos del tejido conectivo; En la unión óseo-tendón, conocida como enthesis, para esta hay dos arreglos típicos con diferentes roles biomecánicos: Las inserciones directas, o fibrocartilaginosas, las cuales se han caracterizado clásicamente por una transición de cuatro capas del tendón al hueso: tendón, fibrocartílago, fibrocartílago mineralizado y hueso (hacer ilustración??), inserciones donde la unidad ósea del tendón está sujeta a altas cargas de tracción; Las una inserción indirectas son menos comunes, en estas las fibras tendinosas se insertan directamente en el periosteo, conocidas como fibras Sharpey (8).

Aunque el tendón se considera en gran medida hipovasascular, el flujo sanguíneo tiene un rol sumamente importante para el proceso de reparación, suministro de sangre y la inervación del tendón (8), se lleva a cabo principalmente a través del endotenón y el epitenón, situación que es más compleja en los tendones intraarticulares, aunque se cree que el tendón intraarticular recibe algo de nutrición



a través de la difusión a través del líquido sinovial (12); Además de la mencionada hipovascularidad del tendón, hay regiones específicas de avascularidad relativa entre las zonas vasculares, estas tienen un riesgo particular de ruptura, como en el caso del tendón de Aquiles (13); El tendón suele estar innervado por el mismo nervio que su músculo, con organelas mecanorreceptores localizados en la región miotendinosa y terminaciones nerviosas libres nociceptivas en la éntesis.

El tendón como unidad funcional tiene el propósito principal de permitir la transmisión de la fuerza del músculo al hueso, proporcionando la capacidad de locomoción, así como permitiendo la estabilidad dinámica de las articulaciones junto con el ligamento (8); La función mecánica del tendón es orquestar un equilibrio fino entre movilidad y estabilidad, transmitiendo la fuerza derivada del músculo al hueso, proporcionando un control voluntario del esqueleto; El tendón también posee la capacidad de almacenar y transferir energía de forma elástica, esto gracias a su composición principal de agua y colágeno, permitiéndole funcionar viscoelásticamente (11), ayudando a absorber la fuerza y proteger el tejido circundante, otra función mecánica importante del tendón es proporcionar una restricción secundaria al movimiento de las articulaciones y añadir estabilidad al sistema musculoesquelético, como es el mecanismo de los isquiotibiales como estabilizador secundario de la rodilla, que protege contra la traducción tibial anterior cuando hay una deficiencia del ligamento cruzado anterior

Las lesiones tendinosas son un aspecto importante de las afecciones médicas musculoesqueléticas, hay varios tipos de lesiones en el tendón, que van desde lesiones por uso excesivo como la tendinosis, hasta la ruptura (8), con diferentes consecuencias clínicas; Las rupturas pueden ser directas e indirectas basadas en el mecanismo de lesión: las lesiones directas implican un trauma directo causando un



desgarro, en cambio las indirectas son resultado de la carga forzada de la unidad músculo-tendón-hueso hasta el punto de falla del tendón; La tendinopatía es un término general para un grupo de síndromes del mismo espectro, que se consideran lesiones por uso excesivo, que resultan en dolor y diversos grados de pérdida de la función del tendón. La tendinosis describe la lesión crónica por uso excesivo del tendón, con una verdadera inflamación generalmente está ausente, que puede llevar a la ruptura completa del tendón, estas lesiones se caracterizan por un dolor persistente y evidencia radiográfica de degeneración del tendón intrasustancia (14), histológicamente se encuentra colágeno interrumpido y desorganizado, el aumento de la matriz extracelular, aumento de la población de tenocitos y la neovascularización (12).

Las rupturas directas e indirectas de los tendones siguen siendo un problema ortopédico importante, con desafíos de manejo continuos, la lesión de los tendones flexores de la extremidad superior es la más común, por lesiones directas del tendón como el trauma penetrante; Varios tendones son propensos a la ruptura indirecta siendo una lesión ortopédica común (15), incluidos los tendones del manguito rotador, los tendones largos de la cabeza y el bíceps distal, el tendón de los isquiotibiales, el cuádriceps y los tendones rotulianos y el tendón de Aquiles, el mecanismo de esta lesión es clásicamente una contracción excéntrica, en la que hay un alargamiento forzado de la unidad miotendinosa durante la contracción, colocando el máximo estrés a través del tendón y conduciendo a la ruptura en un sitio de debilitamiento, lo que incapacita las cualidades de protección natural del tendón

El proceso curativo del tendones, se caracterizan por una formación reactiva de cicatrices dando como resultado un tejido que es biológica y mecánicamente



inferior al tejido nativo (8), siendo en algunos casos funcional, produciendo un tejido que sustituye adecuadamente al tejido nativo, mientras que en otros casos el tejido no es funcional, conduciendo a una mayor lesión en el tendón, probable inestabilidad articular y a una función articular alterada; La curación del tendón cubierto de paratenón sigue principalmente el proceso de curación generalizado de los tejidos conectivos, que ocurre en tres fases superpuestas: inflamación, proliferación y remodelación (8); Durante la fase inflamatoria, las células inflamatorias y los eritrocitos migran al lugar de la lesión y se llena el espacio entre los extremos del tendón, se continúa con la resorción del hematoma inicial, por monocitos y macrófagos que entran en la lesión, varios factores vasoactivos y quimiotácticos aumentan la vascularidad y reclutan más células inflamatorias, desencadenando procesos degradativos y de reparación, para eliminar y reemplazar el material dañado, durante las etapas finales de la inflamación, los tenocitos comienzan a migrar al sitio de la lesión y comienza la síntesis de colágeno tipo III (16); La fase proliferativa sigue unos pocos días después de la lesión, la matriz y la proliferación celular predominan en el lugar de la lesión, esta etapa se caracteriza por la producción y deposición continuas de colágeno, creando un tejido fibroso parecido a una cicatriz, siendo la síntesis de colágeno tipo III máxima durante esta etapa, con una celularidad persistentemente alta; La fase de remodelación comienza aproximadamente 6 semanas después de la lesión y se caracteriza por una disminución gradual de la celularidad y la vascularización y la organización y maduración cada vez mayores del tejido cicatricial a lo largo del tiempo (8), durante esta fase, las fibras de colágeno, junto con los fibroblastos, intentan reorientarse a lo largo del tendón, volviendo a predominar la síntesis de colágeno tipo I (16); Cada uno de estos



pasos en la fase de remodelación representa un intento significativo durante el proceso de curación para volver a las características normales del tendón

Aunque la capacidad de restaurar la función después de una lesión en el tendón se ha mejorado en gran medida mediante técnicas avanzadas de sutura y protocolos de rehabilitación, existe aun evidencia contradictoria con respecto al tratamiento de rehabilitación óptimo de los tejidos curativos, varios estudios han demostrado beneficios para aumentar la carga (17), mientras que otros han mostrado efectos negativos, clásicamente se cree que regímenes de carga baja parecen promover la curación, y regímenes de carga de alta intensidad pueden ser más propensos a tener efectos perjudiciales (18), pruebas más recientes sugieren que los protocolos de rehabilitación tempranos y de mayor intensidad pueden promover mejores resultados de los pacientes para ciertas lesiones del tendón, como las rupturas del tendón de Aquiles (19). Se necesita más evidencia para dilucidar las técnicas de rehabilitación óptimas después de la lesión y la reparación de varios tendones, es probable que el desarrollo de terapias génicas, terapias celulares y enfoques de bioingeniería de tejidos sea necesario para producir nuevas mejoras clínicas en estos resultados en el futuro (12).

El tendón de Aquiles es el tendón más fuerte y más grande del cuerpo, siendo además también el tendón más comúnmente lesionado (20); Con un incremento general en su incidencia de ruptura (21), esto debido al envejecimiento de la población, la creciente prevalencia de obesidad y el aumento de la participación en los deportes (22); Anatómicamente las fibras tendinosas del gastrocnemio se originan en el fémur distal y las del sóleo que se originan en la tibia proximal, a su vez posteriormente se fusionan por encima de la inserción en la tuberosidad calcánea posterior, formando así el tendón de Aquiles (23), con una longitud de



aproximadamente 15 cm y grosor promedio de 4,9 mm en sujetos sanos, este tendón no tiene vaina sino un paratenón altamente vascularizado (23), que actúa como un conducto para la vasculatura y facilita su deslizamiento entre el tejido subcutáneo y la fascia posterior; La irrigación sanguínea en las secciones proximales y distales del tendón es suministrada por la arteria tibial posterior y en la sección media, es suministrada por la arteria peroneal (24), con un suministro relativamente pobre, con una zona más estrecha situada entre los 3 y los 6 cm de su inserción en el calcáneo, donde se encuentra la zona más susceptible de roturas y tendinopatías (25), siendo además afectada con algunas terapias como las fluoroquinolonas u infiltraciones de corticoides (25), siendo aun más susceptible a lesiones.

En general las lesiones del tendón de Aquiles ocurren con frecuencia con un traumatismo del tobillo, la ruptura es generalmente total, las verdaderas lesiones cortantes parciales son muy raras (26), las rupturas agudas se producen clásicamente por un solo impacto de alta carga, asociado con dorsiflexión repentina o violenta del tobillo, otro mecanismo es el de aceleración-desaceleración; Siendo hasta el 90 % de las rupturas relacionadas con el deporte (27); Sin embargo, 1/3 de los pacientes con esta patología no practican actividad física intensiva, siendo los cambios degenerativos, hallazgos histológicos más comunes en las rupturas espontáneas de los tendones, como lo son la alta vascularización, la desorganización del colágeno y la hiper celularidad relativamente cerca del sitio de ruptura, que pueden conducir a una reducción de la resistencia a la tracción y a una predisposición a la ruptura (28). La presentación clínica es muy típica, con dolor localizado, sensación de chasquido en el gemelo y 2 signos patognomónicos: el signo de Brunet-Guedj, con una pérdida de equino fisiológico del pie en decúbito



prono, y el signo de Thompson, con una una depresión del tendón visible o palpable sobre el lugar de la rotura (25).

El diagnóstico de ruptura aguda del tendón de Aquiles es principalmente clínico, respaldado por pruebas de imagen (20), apoyados por resonancia magnética o ultrasonido como confirmativos, la ecografía es más efectiva para identificar la ubicación de un desgarró, el espacio entre los extremos desgarrados del tendón y la ruptura parcial/completa, al realizase de forma de imagen dinámica (29), pudiendo observar de manera objetiva: Espesor del tendón, ecogenicidad/textura, presencia de interrupciones estructurales, neovascularizaciones, espesor del paratendon, así como la presencia de líquido en el peritendon, depósitos intratendinosos/calcificaciones (29); En el caso de una ruptura en un tendinopatía crónica de Aquiles, el riesgo de re ruptura es alto después de un tratamiento conservador o una reparación directa (20), por lo cual se deben considerar otras opciones de tratamiento utilizando tejido sano, como la reconstrucción del tendón con autoinjerto o aloinjerto.

Referente a tratamiento para la ruptura aguda, contamos con dos grandes opciones conservador o quirúrgico; En tratamiento conservador, la principal preocupación es si la curación de un tendón roto es factible sin contacto directo con las estructuras circundantes, una curación retardada puede resultar en debilidad del tobillo, así mismo una curación incompleta puede aumentar el riesgo de re ruptura (20), el tratamiento conservador se lleva a cabo mediante inmovilización convencional con yeso de 6 a 8 semanas, con el tobillo en posición de flexión plantar durante las primeras 4 semanas y en posición neutra durante las siguientes 2 a 4 semanas; el tratamiento conservador se ha asociado con una tasa de re ruptura más alta en comparación con la reparación quirúrgica primaria (30), sin embargo estudios



recientes han sugerido que las tasas de re ruptura se pueden reducir reduciendo el período de inmovilización e iniciando un protocolo de rehabilitación funcional temprana (31).

Para el tratamiento quirúrgico se describen varios procedimientos, se pueden clasificar en abiertos, miniabiertos y percutáneos (32); Se debe restaurar la longitud adecuada, protegiéndolo contra el alargamiento excesivo, reparando el paratenón que rodea el tendón de aquiles para prevenir infecciones, realizando puntos según técnica descrita por Bunnell, Kessler o Krackow (25), además se debe recalcar que el tratamiento quirúrgico, es el único que permite garantizar una buena adaptación de los extremos tendinosos, sin correr el riesgo de una cicatrización del tendón en posición extendida de las fibras, que produciría una pérdida de fuerza del gemelo y una debilidad localizada del tendón (25); La cirugía abierta ha mostrado buenos resultados clínicos (20), con una restitución de una tensión adecuada del tendón, una visualización directa de la calidad de la sutura y un riesgo de re ruptura bajo con un 2% aproximadamente, pero se ha asociado con complicaciones superficiales y profundas de la herida en un 7-13% (25), que pueden ser excepcionalmente graves (<3%), con necrosis e infección del tendón (33); La reparación percutánea, se realiza mediante múltiples abordajes puntiformes longitudinales paralelos al tendón cada 5 mm, alrededor de 5 cm por encima de la rotura y 2 cm por debajo, se coloca una sutura a través de las porciones proximal y distales del tendón a través de los abordajes realizados, se unen ambos cabos lo que lleva los extremos del tendón a la aposición en la flexión plantar del tobillo, a pesar de ser en apariencia sencilla, esta técnica requiere una curva de aprendizaje y no permiten el control visual de la calidad de la sutura, (33), las complicaciones se asocian al riesgo de lesión nerviosa del nervio sural en un 3-10% y de re ruptura en un 4-10% (33); Finalmente la técnica



de reparación maniabierta se ha desarrollado, para intentar minimizar las complicaciones, las ventajas se basan en el control de la calidad de la sutura, la restauración de la longitud y la tensión del tendón, como en la cirugía convencional, un daño cutáneo mínimo y la disminución de las lesiones del nervio sural gracias a la realización de un miniaceso (25), se realiza una pequeña incisión en la piel sobre el sitio de la ruptura, se introduce un dispositivo a través de la incisión debajo del paratenón y colocando generalmente 3 suturas, que a continuación se pasan desde la guía externa a través de la piel hacia el tendón y hacia el lado opuesto, seguido el dispositivo y las suturas se extraen para la aproximación de los extremos del tendón rotos y las suturas se unen entre sí con el tobillo en flexión plantar, esta técnica da como resultado menores tasas de complicaciones de la herida y mejora la apariencia cosmética; Existe una larga lista de complicaciones asociadas al tratamiento quirúrgico, dentro de las cuales se encuentran, lesión del nervio sural, infección, re-ruptura, trombosis venosa profunda y cicatrices hipertróficas (20), la complicación más grave de la reparación abierta es la infección, con una incidencia de hasta un 12,5% (34)

La terapia de ondas de choque extracorpóreas han emergido como una alternativa prometedora, ha sido investigada y utilizada principalmente en tendinopatías crónicas (7); Las ondas de choque son una forma de energía que puede desarrollar una presión máxima aproximadamente 1000 veces mayor que la del ultrasonido (35), hay dos formas principales utilizadas en la práctica clínica: onda de choque enfocada y ondas de presión radial (36), difieren en el tipo de generador, características físicas, mecanismo de acción y riesgo, aunque comparten algunas indicaciones y contraindicaciones (37), Las ondas de presión radial no se consideran ondas de choque extracorpóreas por tener distintas características físicas, no llegan



a un nivel de presión elevada (100-150 MPa), sino alrededor de 30 MPa, ni a la rapidez necesaria (10 ns), aunque si producen fenómeno de cavitación, esta energía generada es depositada en la piel por un aplicador y se transmite al tejido a través de ondas radiales, La dosificación de presión se mide en Bar (38); El mecanismo de acción de las ondas choque extracorpóreas, aun no se comprende completamente, la evidencia apunta a que las ondas de choque tienen efectos mecánicos y celulares que demuestran la curación de los tejidos y alteran la señalización del dolor (36), la mecanotransducción biológicamente produce vibraciones de los tejidos conducen a la regeneración y curación (39), las ondas causan absorción, reflexión, refracción y transmisión de energía en tejidos y células, lo que puede conducir a la destrucción de calcificaciones en el tejido (40), a nivel celular se ha demostrado la liberación de trifosfato de adenosina, para la activación de las vías de señalización celular (41), alterar la función de los canales iónicos en la membrana celular (41), además las también pueden causar microcavitación y la liberación de óxido nítrico que conduce a efectos analgésicos, angiogénicos y antiinflamatorios posteriores (42), también se ha documentado el aumento de la síntesis de colágeno, con el uso de la terapia de ondas de choque (43), a través de varios mecanismos, incluyendo el aumento de TGF- β 1, IGF-1 así como de IL-6, IL-8, MMP-2 y MMP-9 y aumento de glicosaminoglicanos (43), Además, pueden aumentar la proliferación de tenocitos (44) y la diferenciación osteoprogenitor (45); Se han documentado un efecto analgésico, esto a través de la estimulación de fibras c nociceptivas (46) y el aumento de las sustancias inhibitoras del dolor como la sustancia P (47).

La terapia de onda de choque tiene múltiples indicaciones en ortopedia, es usada a menudo, cuando fallan los tratamientos conservadores, se considera una opción no invasiva con efectos secundarios mínimos (36), Por lo cual se puede



preferir a opciones más invasivas, como corticosteroides, tenotomía o inyecciones de plasma ricas en plaquetas, que conllevan el riesgo de ruptura (36). además es una excelente opción de tratamiento en pacientes con fobia a las agujas;

La terapia de ondas de choque extracorpóreas (ESWT) es uno de los tratamientos más conservadores para la tendinopatía de Aquiles. Desafortunadamente, no se han determinado parámetros de aplicación óptimos que garanticen la eficacia del ESWT en esta condición. El objetivo de este documento es presentar informes de investigación sobre el uso y la eficacia de la terapia de ondas de choque extracorpóreas en pacientes con tendinopatía de Aquiles. Creemos que esta revisión narrativa ayudará a los fisioterapeutas en ejercicio a establecer los parámetros de intervención más efectivos.

1.2. ANTECEDENTES

Las lesiones cortantes del tendón de Aquiles, a menudo resultantes de traumatismos directos, representan un desafío significativo para los médicos debido a la complejidad de la reparación y la rehabilitación del tendón; La terapia de ondas de choque extracorpóreas (ESWT) ha ganado popularidad en el tratamiento de diversas afecciones tendinosas, pero su aplicación en lesiones cortantes del tendón de Aquiles es relativamente nueva y menos estudiada.

Los inicios de la terapia de ondas de choque extracorpóreas, se remontan a la década de 1980, utilizada inicialmente para la fragmentación de cálculos renales (litotricia), casualmente, un procedimiento de litotripsia en la región pélvica en 1992 llevó al descubrimiento de los efectos de ESWT en la estimulación ósea de la cresta ilíaca por parte del Dr. Gerald Haupt (48), posteriormente se expandió su uso al



campo de la ortopedia y la medicina deportiva debido a sus efectos positivos en la curación de tejidos blandos y la regeneración ósea; Los pioneros en el uso de ESWT en la medicina ortopédica, fueron Müller et al. (49) En 2002, demostrando sus beneficios en la tendinitis y la fasciitis plantar, sentando las bases para explorar su aplicación en otros tipos de lesiones tendinosas; El uso de ESWT se ha estudiado sobre todo en tendinopatías crónicas, siendo bien documentado con numerosos estudios, mostrando mejoras significativas en la reducción del dolor y la función tendinosa; en 2009 Rompe et al. (7) realizaron una revisión sistemática que concluyó que la ESWT es efectiva en el tratamiento de tendinopatías crónicas, como la tendinopatía del tendón de Aquiles, proporcionando un alivio duradero del dolor y mejorando la funcionalidad del tendón; posteriormente en 2006 Furia et al. (50) compararon la ESWT con el ejercicio excéntrico en pacientes con tendinopatía del tendón de Aquiles y encontraron que la ESWT era significativamente más efectiva en la reducción del dolor y la mejora de la función .

La aplicación de ESWT en lesiones agudas y cortantes es menos común, pero algunos estudios preliminares sugieren su potencial beneficioso en la promoción de la cicatrización y la regeneración del tejido tendinoso; Orhan Z,et al. (51) en 2004 demostraron la formación de tejido de granulación vascular celular, un proceso de curación mejor organizado con una disminución de la desorganización fibrilar y una densa infiltración de fibroblastos, linfocitos e histiocitos, consecuencia del uso de ESWT en lesiones parciales inducidas en tendones de rata, demostrando además una mejora del resultado funcional demostrado por un análisis biomecánico; Gerdesmeyer et al. (52) en 2008, investigaron el efecto de la ESWT en modelos animales con lesiones tendinosas agudas, demostrando una mejora significativa en la neovascularización y la regeneración del tejido; este conjunto de hallazgos



sugieren que la ESWT podría ser útil en el manejo de lesiones cortantes del tendón de Aquiles .

La evidencia específica sobre el uso de ESWT en lesiones cortantes del tendón de Aquiles en humanos es limitada, pero algunos informes de casos y estudios pequeños han explorado esta aplicación; Loppolo et al. (53) En 2011 estudiaron la ESWT en pacientes con lesiones traumáticas de tendón, observando mejoras en la cicatrización y reducción del dolor en comparación con los tratamientos convencionales, aunque los resultados fueron prometedores, los autores destacaron la necesidad de ensayos clínicos más amplios para confirmar estos hallazgos .

Aunque la ESWT ha mostrado ser efectiva en el tratamiento de tendinopatías crónicas y existe evidencia preliminar que sugiere su potencial en lesiones agudas y cortantes del tendón de Aquiles, se necesita más investigación para establecer protocolos de tratamiento específicos y confirmar su efectividad en este contexto. La expansión de los estudios clínicos y la investigación en esta área podría ofrecer nuevas alternativas terapéuticas para pacientes con lesiones cortantes del tendón de Aquiles.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tendón de Aquiles es el tendón más fuerte y largo del cuerpo humano (1), pero también es susceptible a diversas lesiones, incluyendo las lesiones cortantes; Estas lesiones, que pueden resultar de traumas directos o accidentes, representan un desafío significativo para los profesionales de la salud debido a la complejidad de la reparación y la rehabilitación del tendón

A pesar de los avances en las técnicas quirúrgicas y de rehabilitación, existe una necesidad crítica de métodos complementarios que puedan mejorar los

resultados clínicos en estos pacientes, la búsqueda de métodos más efectivos y menos invasivos sigue siendo un desafío clínico importante, la curación del tejido tendinoso dañado puede requerir inmovilización durante ocho semanas antes de que se recupere la fuerza adecuada (54), desafortunadamente los períodos prolongados de inmovilización de una extremidad o articulación pueden complicarse por la atrofia de los músculos y el cartílago articular, la osteoartritis, la necrosis de la piel, las adherencias tendocutáneas y la tromboflebitis (55), que pueden llevar a una recuperación funcional subóptima

La terapia de ondas de choque extracorpóreas ha emergido como una alternativa prometedora, ha sido investigada y utilizada principalmente en tendinopatías crónicas (7), pero su aplicación en lesiones cortantes del tendón de Aquiles es un área emergente que requiere una evaluación más rigurosa.

El uso de ESWT en lesiones cortantes del tendón de Aquiles no está bien documentado en la literatura científica. A pesar de los avances en las técnicas quirúrgicas y de rehabilitación, la recuperación completa de la función del tendón de Aquiles tras una lesión cortante sigue siendo subóptima en muchos casos. las complicaciones pueden incluir una cicatrización incompleta, la formación de adherencias, y la recurrencia del dolor, lo que afecta negativamente la calidad de vida del paciente.

La cirugía de reparación primaria, en lesiones cortantes, es actualmente el estándar de oro, pero conlleva riesgos y un largo período de recuperación (55), la ESWT ofrece una opción no invasiva promoviendo neovascularización y la regeneración del tejido en modelos animales (52), en lesiones cortantes, podría promover la curación del tendón y reducir el tiempo de recuperación, pero su efectividad específica en este contexto no está completamente establecida.



1.3.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El uso de ondas presión radial, promueve la regeneración en una lesión cortante mayor al 60% del tendón de Aquiles, en un modelo experimental en conejos?

1.4. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de explorar métodos adicionales y complementarios para el tratamiento de lesiones cortantes del tendón de Aquiles se basa en las limitaciones actuales de las técnicas de reparación y rehabilitación tradicionales, las intervenciones quirúrgicas, implican riesgos y un tiempo de recuperación prolongado, la ESWT, como una modalidad no invasiva, podría ofrecer una alternativa segura (56) con su capacidad para estimular la regeneración del tejido y mejorar la neovascularización, reduciendo el dolor (50), ofrece un potencial terapéutico significativo, sin embargo, su eficacia y mecanismos específicos en el contexto de lesiones cortantes requieren una investigación rigurosa.

1.5. HIPOTESIS

La proporción de la regeneración del tendón de Aquiles de los conejos que recibieron ondas radiales es diferente (mayor) que la proporción de los conejos que no fueron sometidos a ondas radiales, en una lesión cortante mayor del 60%, en un modelo experimental en conejos

Hipótesis nula: La proporción de la regeneración del tendón de Aquiles de los conejos que recibieron ondas radiales es igual, que la proporción de los conejos que no fueron sometidos a ondas radiales, en una lesión cortante mayor del 60%, en un modelo experimental en conejos



Hipótesis alterna: La proporción de la regeneración del tendón de Aquiles de los conejos que recibieron ondas radiales es diferente (menor) que la proporción de los conejos que no fueron sometidos a ondas radiales, en una lesión cortante mayor del 60%, en un modelo experimental en conejos

1.6. OBJETIVO

Demostrar que el uso de ondas de presión radial, promueven la regeneración del tendón de Aquiles, posterior a una lesión cortante mayor del 60% del tendón de Aquiles, en un modelo experimental en conejos.

1.6.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el efecto del uso de ondas de presión radial en el tendón de Aquiles, referente a el grado de formación de adherencias, posterior a una lesión cortante mayor del 60% del tendón de Aquiles, evidenciado mediante un estudio histopatológico, en un modelo experimental en conejos.

Determinar el efecto del uso de ondas de presión radial, en el tendón de Aquiles, referente a el grado de actividad fibroblástica, posterior a una lesión cortante mayor del 60% del tendón de Aquiles, evidenciado mediante un estudio histopatológico, en un modelo experimental en conejos.

Determinar el efecto del uso de ondas de presión radial, en el tendón de Aquiles, referente a deposición de colágeno, posterior a una lesión cortante mayor del 60% del tendón de Aquiles, evidenciado mediante un estudio histopatológico, en un modelo experimental en conejos.

Determinar el efecto del uso de ondas de presión radial, en el tendón de Aquiles, referente a el aumento de los capilares, posterior a una lesión cortante mayor del 60% del tendón de Aquiles, evidenciado mediante un estudio histopatológico, en un modelo experimental en conejos.



Determinar el efecto del uso de ondas de presión radial, en el tendón de Aquiles, referente a la proliferación celular en la capa sinovial del epitenón, posterior a una lesión cortante mayor del 60% del tendón de Aquiles, evidenciado mediante un estudio histopatológico, en un modelo experimental en conejos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental, Modelo animal

2.2. DISEÑO DE ESTUDIO

Experimental, modelo animal longitudinal de casos y controles

2.3. POBLACION DE ESTUDIO

Se estudian conejos raza Nueva Zelanda, sexo femenino, con edad promedio de 4 meses, con un peso promedio de 1800 gramos.

2.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Conejos sanos
- Hembras
- Peso promedio de 1800 gramos

2.5. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Conejos con algún estado patológico o tratamiento veterinario.

2.6. TAMAÑO DE MUESTRAS

Se utilizaron como medio de estudio 20 conejos que formaron 2 grupos de estudio y evaluando en un periodo de 14 semanas, por medio de un estudio histopatológico



2.7. ANALISIS ESTADISTICO

los resultados de cada variable fueron obtenidos según en números absolutos y proporciones, según a la categoria a la cual coresponda, que sera reportada por el medico patologo de cada variable, posterior a ello de utilizara la prueba estadistica chi cuadrada por tratarse de 2 grupos de compraracion, con sus respectivas proprciones, los resultados generales del estudio histopatologico, se representaran a travez de una tabla general de resultados y las fotos de muestras significativas.

2.8. VARIABLES

2.8.1 VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLE	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	INDICADOR
Uso de ondas de presion radial	A las 8 semanas post quirúrgicas, se llevó acabo el inicio de las sesiones de ondas presion radial a nuestro grupo de estudio A, cada una de las extremidades del estudio recibira 2150 disparos, a una frecuencia de 6 Hertz, con una itensidad de 2 Bar, 3 sesiones en espacio 1 semana	Cualitativa	Nominal	1= Si 2= No

VARIABLE	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	INDICADOR
No uso de ondas de presion radial	A las 8 semanas postquirurgicas, al grupo de estudio B, no se le dieron ondas de presión radial	Cualitativa	Nominal	1= Si 2= No

2.8.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLE	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION
Grado de adhesiones	En el estudio histopatológico, Las secciones longitudinales del tendón de Aquiles se investigaron bajo microscopía de luz, con tinción de hematoxilina y eosina, se valoró el grado de formación de adherencias	Ordinal	0 = Ausente 1 = Leve 2 = Moderado 3 = Moderado a grave 4= Severo

VARIABLE	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION
Grado de actividad de fibroblastos	En el estudio histopatológico, Las secciones longitudinales del tendón de Aquiles se investigaron bajo microscopía de luz, con tinción de hematoxilina y eosina, se valoró el grado de actividad de fibroblastos	Ordinal	0 = Ausente 1 = Leve 2 = Moderado 3 = Moderado a grave 4= Severo

VARIABLE	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION
Grado de organización del colágeno	En el estudio histopatológico, Las secciones longitudinales del tendón de Aquiles se investigaron bajo microscopía de luz, con tinción de hematoxilina y eosina, se valoró el grado de organización del colágeno	Ordinal	0 = Ausente 1 = Leve 2 = Moderado 3 = Moderado a grave 4= Severo



VARIABLE	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION
Grado de incremento de nuevos capilares	En el estudio histopatológico, Las secciones longitudinales del tendón de Aquiles se investigaron bajo microscopía de luz, con tinción de hematoxilina y eosina, se valoró el grado de incremento de nuevos capilares	Ordinal	0 = Ausente 1 = Leve 2 = Moderado 3 = Moderado a grave 4= Severo

VARIABLE	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION
Grado de engrosamiento del epitenón	En el estudio histopatológico, Las secciones longitudinales del tendón de Aquiles se investigaron bajo microscopía de luz, con tinción de hematoxilina y eosina, se valoró el grado de engrosamiento del epitenón	Ordinal	0 = Ausente 1 = Leve 2 = Moderado 3 = Moderado a grave 4= Severo

2.9. BIOSEGURIDAD Y TRATO ANIMAL

Se considero lo pertinente de la investigación en modelos animales, de acuerdo con lo determinado en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio; de la cual se obtiene la pesquisa que a continuación se detalla en relación con los estudios con conejos (57).

Conejos

Confinamiento o encierro primario

Los conejos de laboratorio requieren de jaulas con las subsiguientes



características:

a) El material de las jaulas debe ser resistente, seguro y a prueba de salida. Las jaulas deben de permitir un cómodo acceso al alimento y agua. Se recomienda como material: jaula con rejilla de acero inoxidable, con suelo de malla de alambre con 1.5 cm de separación.

b) Las jaulas deben tener suficiente extensión y altura para permitir a los conejos movimientos y posturas naturales.

Condiciones medioambientales

Los animales estarán bajo las siguientes situaciones ambientales:

temperatura de 23° más menos 1°C, de humedad de 36° mas menos 1%, ciclos de 12 horas de luz, 12 horas de oscuridad.

Salud animal

Los conejos deben estar libres de enfermedades transmisibles al hombre. Los animales de nueva entrada deberán ser sometidos invariablemente a un periodo de cuarentena determinado a criterio del Médico Veterinario.

Los animales con signos clínicos evidentes de algún padecimiento serán objeto de diagnóstico, aplicación del tratamiento correspondiente o retirados de la colonia a juicio del Veterinario.

Se debe realizar la inmediata remoción de los animales fallecidos.

No deben realizarse estudios post mortem en los sitios de los animales.

No se permitirá la reincorporación de animales a las áreas de producción del bioterio.



Alimento

Debe cubrir los requerimientos imperceptibles nutricionales para las etapas de crecimiento, gestación y lactación:

Proteína cruda No menos de 16.0%

Grasa cruda No menos de 2.5%

Fibra cruda No menos de 14%

Cenizas No más de 8.0%

Hidratación

El agua de bebida debe ser potable. Debe administrarse a libre acceso menos en los casos en que el protocolo experimental establezca lo contrario.

Charolas colectoras de excretas

a) Cuando el tipo de jaula requiera de charolas, éstas deben tener material absorbente y que cubra toda el área.

b) El cambio de charolas, su lavado y desinfección debe realizarse 2 veces por semana como mínimo.

c) El lavado y limpieza de las jaulas debe realizarse una vez por semana como mínimo o con mayor repetición de ser necesario para promover una higiene adecuada y evitar condiciones dañinas para los animales.

d) Los desechos generados por los animales deben ser removidos y descartados en condiciones de máxima higiene y seguridad.

Requerimiento mínimo de espacio para conejos

En conejos de 2 hasta 4 kilos deberán poseer un área de 0.28 metros cuadrados con una altura del piso al techo de 36 cm



Manipulación e inmovilización

a) La manipulación y sujeción del conejo deben ser llevadas a cabo con seguridad, consistencia y gentileza.

Estas pueden ejecutarse de diferentes formas dependiendo de la distancia a transportar, talla y peso del animal y del propósito del manejo. La más frecuente consiste en colocar la mano debajo de los miembros posteriores y soportando el peso del animal, con la otra mano se debe sujetar la piel a nivel del cuello para conservar firme al animal.

b) Las técnicas de manipulación, sujeción e inmovilización deben ser realizadas por personal con experiencia o capacitado y/o bajo la vigilancia del Médico Veterinario responsable.

Método de anestesia

Se aplica intramuscular como agente como agente anestésico Tiletamina-Zolazepam (Zoletil anestésico general uso veterinario, Vibac 50), a 0,5 mg/kg Intramuscular, lidocaína como anestésico local a 5mg/kg vía subcutánea.

Método de eutanasia

Al finalizar periodo marcado en el estudio, se utilizó Pentobarbital sódico como agente inyectante para sacrificar modelo animal, como método rápido y humanitario, a una dosis de 1ml por 1-2 kg de peso corporal vía intravenosa en presentación de 400 mg/ml.

Disposición final de los animales

Los cadáveres del modelo animal serán manejados como agente biológico infeccioso, cumpliendo con las fases de conducción: Identificación, almacenamiento temporal, recolección, transporte exterior para su tratamiento y su disposición conclusiva como residuos no peligrosos, a lo establecido en la Norma



Oficial Mexicana NOM087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

Riesgos asociados a intervención experimental

Se trata de un experimento que implica un procedimiento de cirugía menor bajo anestesia, causando estrés y dolor leve a moderado por un corto período. No se incluyen lapsos de privación de agua y alimento que superen los periodos de abstinencia natural, aunque existe riesgo de infección en la herida quirúrgica.

3. TÉCNICA Y PROCEDIMIENTOS

Se formaron 2 grupos de 10 Conejos (Grupo A, Grupo B), a cada conejo se el asignara aleatoriamente un numero del 1-20, formando 2 grupos, grupo A numeración 1-10, funcionando como grupo de estudio, grupo B numeración 11-20 funcionando como grupo de control; todos los especímenes, se identificarán sobre oreja derecha con tatuaje permanente correspondiente a grupo y numero aleatoriamente; Todos seran sometidos al procedimiento quirurgico

Previo procedimiento quirúrgico: Ayuno solidos de 8 horas, ayuno líquidos 6 horas, se aplica intramuscular como agente anestésico Tiletamina-Zolazepam (Zoletil anestesico general uso veterinario, Vibac 50), a 0,5 mg/kg.

PROCEDIMIENTO QUIRURGICO

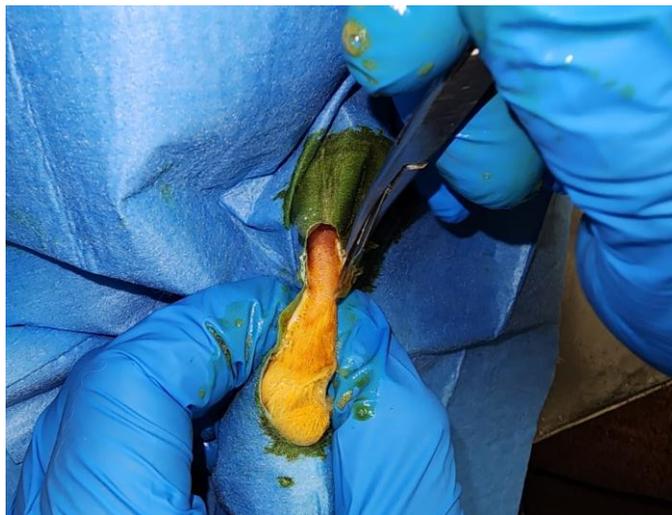
Prevía aplicación de anestesico intramuscular, se posiciona especimen en decúbito lateral izquierdo, se realiza tricotomia del area quirurgica, seguido de asepsia con yodopovidona solucion en miembro pélvico derecho como se muestra en la imagen 1, con posterior colocación de campos estériles.

IMAGEN 1.- Realización de asepsia con yodo povidona en solución, mas colocación de campos esteriles.



Seguido se procede a palpar tendón de Aquiles derecho por su parte medial a 0.5 cm proximal de su inserción en el calcáneo, se realizara medición del espesor total del tendón de aquiles con apoyo de vernier, reportandolo en milímetros, calculando con regla de tres, el tamaño de la tenotomía en milímetros para lesionar el 60% del tendón, se infiltra lidocaína como anestésico local a 5mg/kg, seguido se sujeta el pie con su máxima dorsiflexión, esto mantener la adecuada tensión el tendón de aquiles, se introduce la hoja del bisturí del número 15, en el 60% del espesor del tendón en el lado lateral y se secciona de lateral a medial, como se observa en la imagen 2, con precaución de no cortar la piel de dentro hacia fuera, se realiza presión local durante un par de minutos y se cubre con material estéril.

IMAGEN 2.- Realización de tenotomía en un 60% como marca la técnica quirúrgica



A las 8 semanas se llevo a acabo la primera sesion de ondas presion radial, mediante equipo BTL 600 Top Line, de ondas de presion radia como se muestra en la imagen 3I; A nuestro grupo de estudio A, cada especimen sera sometido a terapia de ondas radiales en la extremidad pelvica derecha, recibiendo 2150 disparos, a una frecuencia de 6 Hertz e intensidad de 2 Bar, 3 sesiones en espacio 1 semana, reposando posteriormente por 4 semanas, dando espacio posteriormente al sacrificio de los especímenes, para obtencion de muestra de tejido, para su envio a estudio histopatologico.

IMAGEN 3.-

Sesión de ondas de presión radial, recibiendo 2150 disparos, a una frecuencia de 6 Hertz e intensidad de 2 Bar



Obtención de muestras

Posterior a las 14 semanas postquirúrgicas, se realizó el sacrificio de los 20 especímenes, como indica la NOM-062-Zoo-1999 (57), realizando la toma macroscópica de la pierna derecha, el cual se preservará en una solución de formol al 10%, con un volumen 10 veces mayor a el tamaño de la muestra.

Se realizó el envío de las 20 muestras al servicio de anatomía patológica de modo aleatorio con marcaje numérico, para preparación en bloques de parafina, con secciones longitudinales de 6 μm de espesor, mediante un microtomo rotativo estándar, para fijarse en portaobjetos silanizados para su tinción con hematoxilina y eosina

Evaluación Patológica

Las secciones longitudinales del tendón de aquiles se investigaron bajo microscopía de luz, valorando el grado de formación de adherencias, la presencia



de fibroblastos gigantes, la proliferación de la organización en la deposición de colágeno, el aumento de los capilares y la proliferación celular en la capa sinovial del epitenón. de acuerdo con un enfoque semicuantitativo como ausente, propuesto por Orhan Z y cols (51), como: ausente 0, leve 1, moderado 2, de moderado a grave 3 y severo 4; de tal manera que sea cuantificable la obtención de datos.

3. RECURSOS

Humanos:

Personal médico de ortopedia perteneciente al Hospital Central del Estado

Personal médico de clínicas Physis

Residentes de ortopedia del Hospital Central del Estado

Personal del bioterio de la Universidad Autónoma de Chihuahua

Físicos:

Área de quirófano del bioterio de la Universidad Autónoma de Chihuahua

Equipo de terapia de ondas radiales de clínicas Physis

Material (Financieros)

Medicamentos vía parenteral:

- Lidocaina 0.02 mg / 50 ml, frasco 99 mxn, 1 dosis de 5mg/kg proyectados por espécimen, siendo necesario 1 frasco

- Tiletamina-Zolazepam (Zoletil anestésico general uso veterinario, Vibac 50) frasco 585 mxn, 1 dosis 0,5 mg/kg proyectado por espécimen, siendo necesario 2 frascos

Otros

- Jeringa de insulina 30 x 13 Mm, 3.4 mxn por unidad, para aplicación de medicamento, siendo necesarias 2 por espécimen



- Yodopovidona solución de 120 ml, frasco 54 mxn, siendo necesarios 2 frascos

- Gluconato de clorhexidina concentrado 2% 946 ml C/ dosificador, unidad 420 mxn, siendo necesaria 1 unidad

- Hoja de bisturi # 15, unidad 3 mxn, siendo necesaria 1 hoja por especimen

- Campo quirurgico desechable 90 cm x 90 cm, unidad 7.88 mxn, siendo necesario 1 por especimen

- Guantes de latex esteriles, unidad 3.92 mxn, siendo nesesarios 3 por especimen

- Gasa esteril 10 x 10 cm, unidad 3.12 mxn, siendo necesarias 5 por especimen

- Venda elastica cohesiva 4.5 cm x 5 metros, unidad 111.31 mxn, siendo nesesarias 2 unidades

- Equipo de cómputo, para realizar recolección de datos y estadistica 12,000 mxn

- Estudio histopatologico, 1000 mxn por unidad, siendo necesario procesar 20 muestras de patologia

- Alimento para conejo, 500 mxn por unidad, siendo nesesarias 6 unidades a lo largo del estudio.

Concepto	Precio unitario	Total, por espécimen
Lidocaina 0.02 mg / 50 ml frasco	99 mxn	4.95 mxn
Tiletamina-Zolazepam	585 mxn	58.5 mxn
Jeringa de insulina 30 x 13 Mm	3.4 mxn	6.8 mxn
Yodopovidona solucion de 120 ml frasco	54 mxn	5.4 mxn

Gluconato de clorhexidina concentrado 2% 946 ml C/ dosificador	420 mxn	21 mxn
Hoja de bisturi # 15	3 mxn	3 mxn
Campo quirurgico desechable 90 cm x 90 cm	7.88 mxn	7.88 mxn
Guantes de latex esteriles	3.92 mxn	11.76 mxn
Gasa esteril 10 x 10 cm	3.12 mxn	15.6 mxn
Venda elastica cohesiva 4.5 cm x 5 metros	111.31 mxn	11.13 mxn
Equipo de cómputo	12,000 mxn	600 mxn
Estudio histopatologico	1000 mxn	1000 mxn
Alimento para conejo	500 mxn	150 mxn
Conejo nueva zelanda, hembra, de 2500 ± 500 gramos	105 mxn	105 mxn
		20001.02 mxn x 20 = 40020.4 mxn

4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	2024					2025	
	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
Inicio de anteproyecto	X						
1ª revisión		X					
Corrección final		X					
Entrega al comité de investigación local		X					
Inicio real del estudio				X			
Recolección de datos					X		
Captura de datos					X		
Análisis de datos					X		
Resultados preliminares						X	

Conclusiones y recomendaciones						X	
Informe final							X
Presentación en eventos académicos							X

5. RESULTADOS

Se analizaron los datos de n=20 conejos, todas hembras con un peso promedio de 1.8 ± 0.45 kg, cabe señalar que un espécimen murio a las 4 semanas post operatorias sin evidenciar causa aparente de muerte, además 2 conejos desarrollaron datos de infección en sitio quirúrgico, los identificados con el número 4 y 16, eligiendo colocar 1 espécimen en cada grupo de estudio respectivamente.

Los Hallazgos histopatológicos se resumen en la tabla 1, en dicha tabla

Tabla 1. Cambios histológicos según su grado de ausente a severo en los dos grupos con lesión de tendón de aquiles sometidos a ondas de presión radial con número y porcentaje

Cambios Histológicos	Grado	Ondas de presión Radial	Control	Valor de p	Chi-Cuadrada
Formación de adhesiones	0	2 (22.2%)	2 (20%)	p=0.76	0.549
	1	4 (44.4%)	6 (60%)		
	2	3 (33.3%)	2 (20%)		
	3	0 (0)	0 (0)		
	4	0 (0)	0 (0)		
Actividad de fibroblastos	0	2 (22.2%)	2 (20%)	p= 0.50	2.354
	1	4 (44.4%)	6 (60%)		
	2	3 (33.3%)	1 (10%)		
	3	0 (0)	1 (10%)		
	4	0 (0)	0 (0)		
Organización de colágeno	0	4 (44.4%)	2 (20%)	p= 0.17	4.961
	1	4 (44.4%)	2 (20%)		
	2	1 (11.1%)	5 (50%)		
	3	0 (0)	1 (10%)		
	4	0 (0)	0 (0)		
Aumento de capilares	0	5 (55.5%)	1 (10%)	p= 0.11	6.031
	1	4 (44.4%)	6 (60%)		
	2	0 (0)	2 (20%)		
	3	0 (0)	1 (10%)		
	4	0 (0)	0 (0)		
Engrosamiento sinovial	0	7 (77.7%)	8 (80%)	p= 0.25	4.025
	1	1 (11.1%)	0 (0)		
	2	1 (11.1%)	2 (20%)		
	3	0 (0)	0 (0)		
	4	0 (0)	0 (0)		

0= ausente, 1= leve, 2= moderado, 3= moderado/grave, 4= Severo

podemos encontrar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, en los 5 cambios histológicos a evaluar, sin embargo, llama la atención, una tendencia estadística hacia la significancia entre los grupos en las variables de organización de colágeno y aumento de capilares, con p de 0.17 y p de 0.11 respectivamente; Con cortes significativos en las imágenes 4,5 y 6.

IMAGEN 4.- Fotomicrografía de un corte longitudinal del tendón de Aquiles donde se muestra aumento en la celularidad de fibroblastos y una clara desorganización de las fibras colágenas, Caso 4, tinción con hematoxilina eosina (10 x).

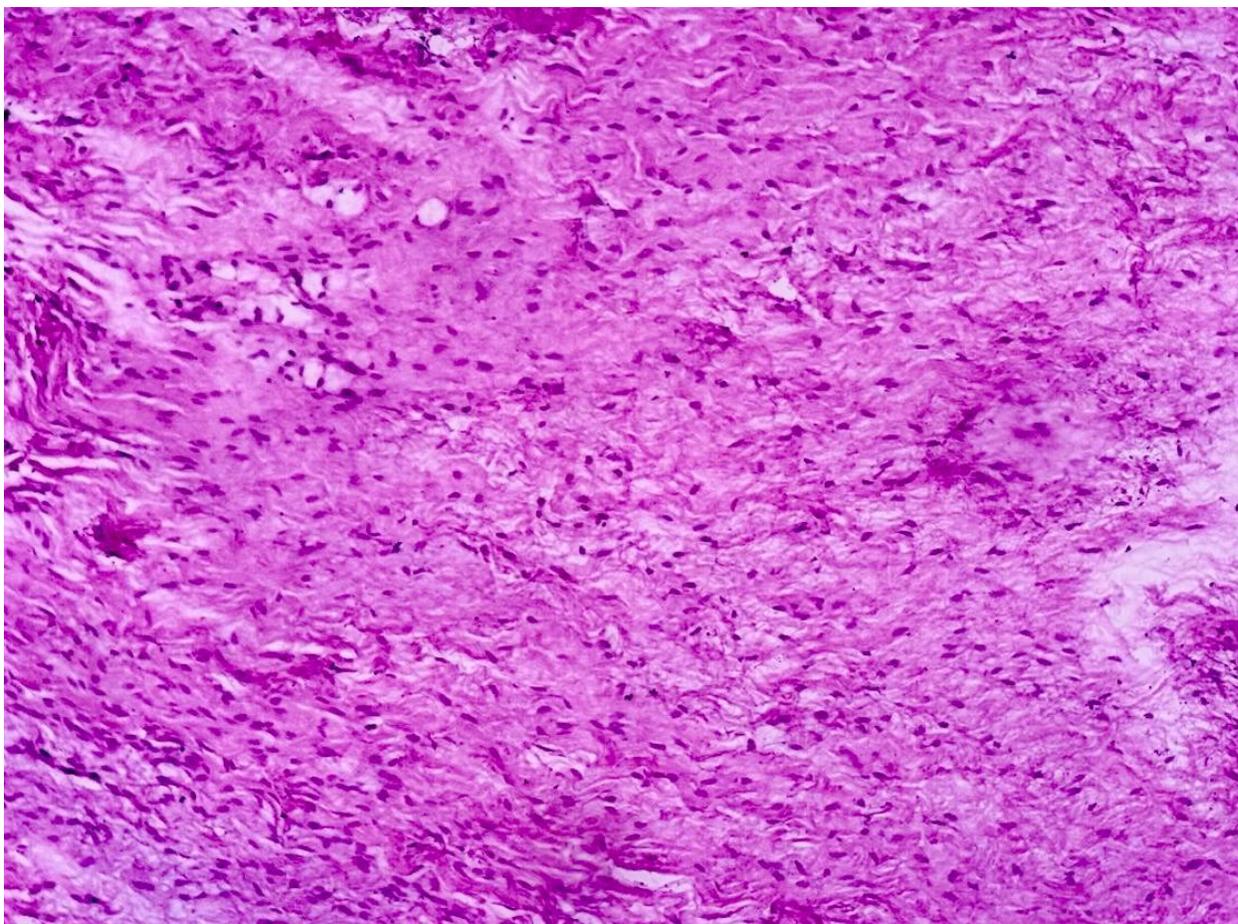


IMAGEN 5.- Fotomicrografía de un corte longitudinal del tendón donde se aprecian adhesiones fibrosas gruesas y desorganización de las fibras de colágeno, caso 12, tinción con hematoxilina eosina (10 x).

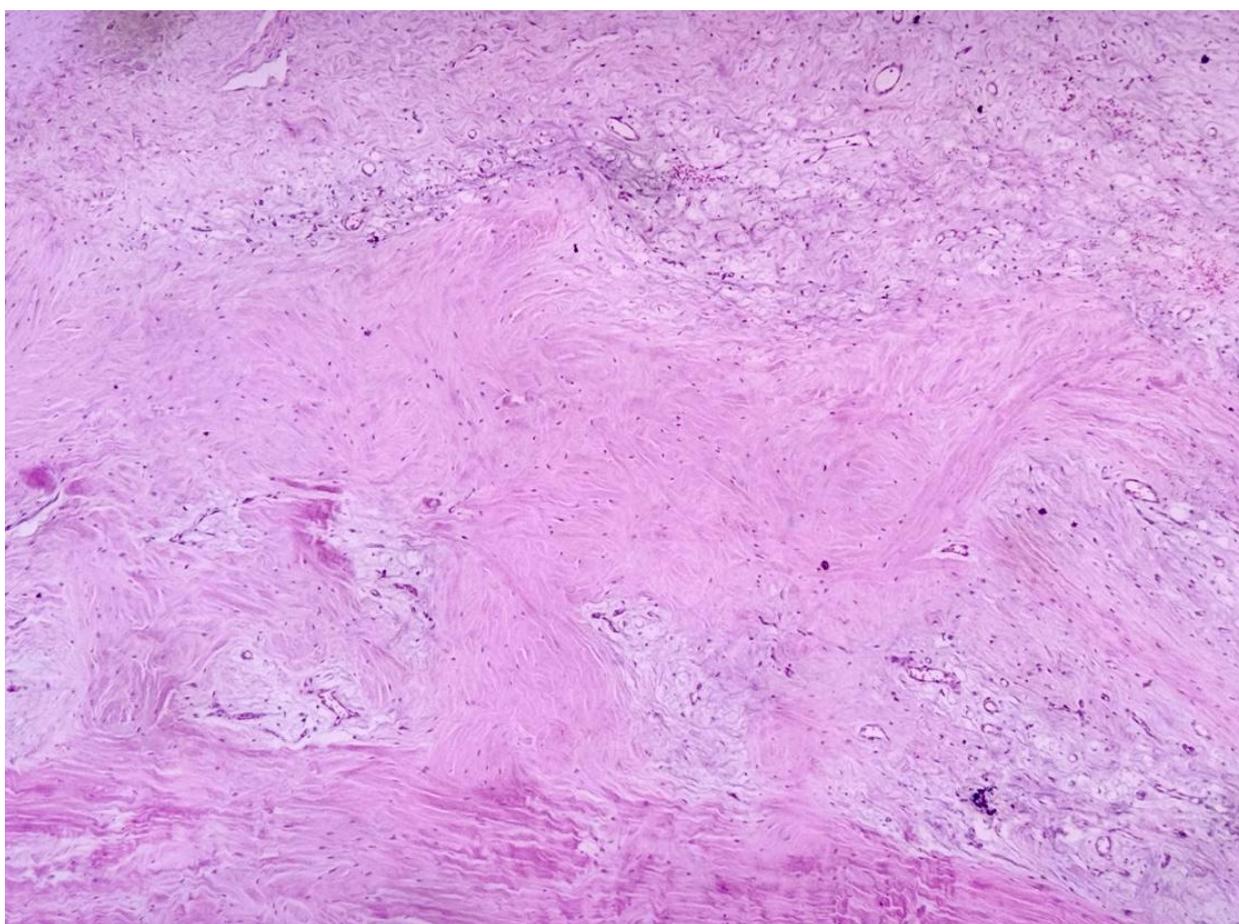
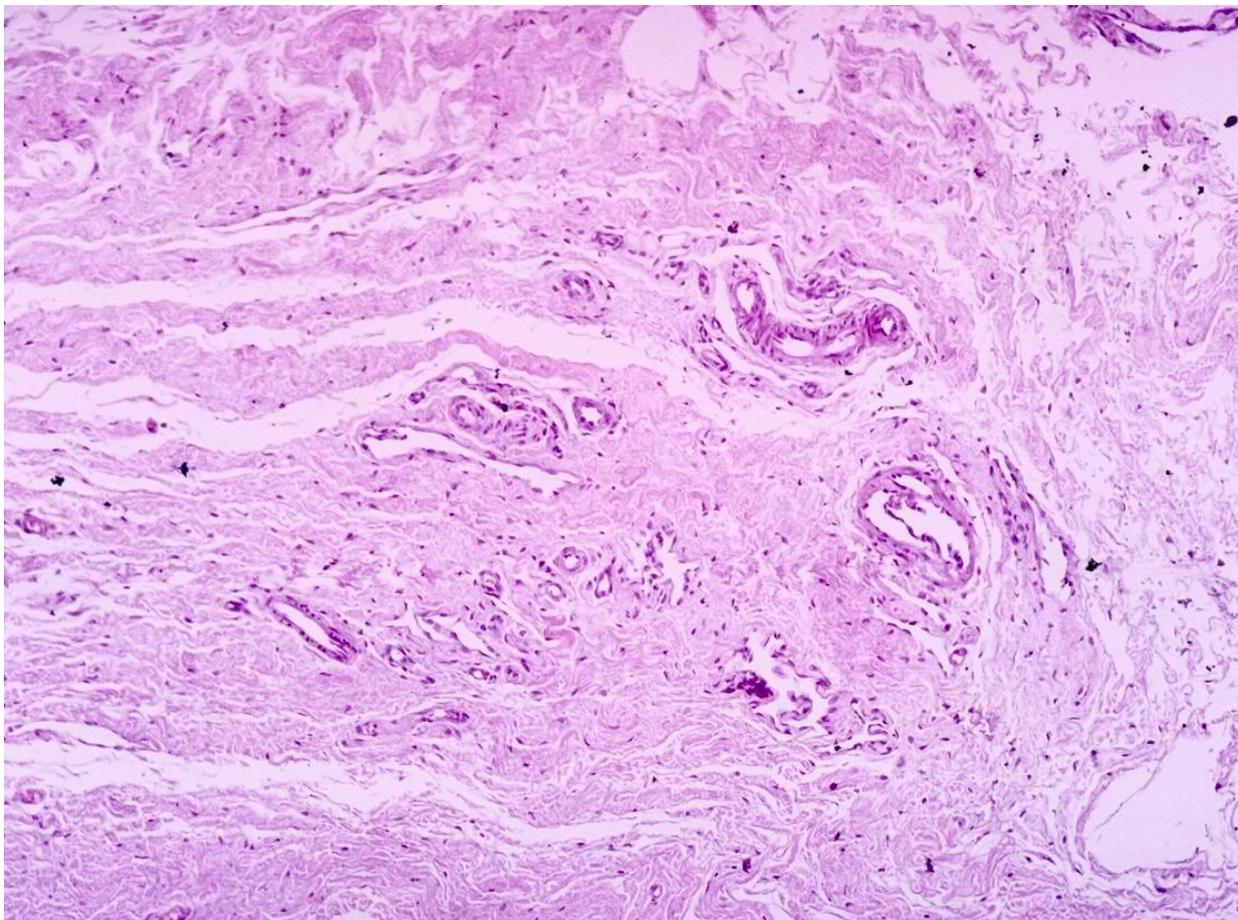


IMAGEN 6.- Fotomicrografía de un corte longitudinal del tendón donde se observa un incremento en la cantidad de capilares, caso 11, tinción con hematoxilina eosina (10 x).



6. DISCUSIÓN

Se han utilizado parámetros histopatológicos para evaluar la contribución de las ondas de presión radial en el proceso de cicatrización del tendón de Aquiles, encontrando parámetros histológicos como la formación de adherencias (58), organización del colágeno (59), el aumento de fibroblastos (60), aumento de la capilaridad (58) y el engrosamiento del epitendón (58), todos estos parámetros que conducen a la curación; Potenza (61) demostró que, tras una lesión, la curación del tendón comienza con la infiltración de células inflamatorias y fibroblastos desde el



tejido circundante, durante las primeras tres semanas posteriores a la lesión, se observa un aumento en el número de fibroblastos, las ondas de choque han demostrado favorecer la permeabilidad de la membrana y estimular el proceso de osteogénesis (48), es esperado que mejoren la circulación sanguínea en los tejidos tratados, lo que aumentaría el aporte de oxígeno y disminuiría notablemente la concentración de dióxido de carbono, favoreciendo el proceso de curación de tejidos, reabsorción de los depósitos de calcio y secreción de múltiples factores de crecimiento.

Orhan y cols (51) encontraron parámetros histopatológicos favorables, en los 5 parámetros histológicos utilizados en nuestro estudio, encontrando significancia estadística en cada uno de los parámetros, utilizando ratas como modelo animal y con una población de 48 animales de estudio; en nuestro estudio podemos encontrar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, en los 5 cambios histológicos a evaluar, realizando un análisis a fondo de las condiciones de nuestro estudio y los resultados obtenidos, podemos observar una tendencia estadística hacia la significancia entre los grupos en las variables de organización de colágeno y aumento de capilares, con p de 0.17 y p de 0.11 respectivamente, aunque al final los resultados obtenidos resulten similares en ambos grupos.

Nuestra principal limitación encontrada fue un grupo de estudio reducido, principalmente por cuestión monetaria, al no contar con logística o infraestructura para grupos de estudio mayores, lo cual pudiera cambiar los resultados finales, con una diferencia estadísticamente significativa, además durante la realización del estudio perdimos 1 sujeto de estudio del grupo de estudio, por causa no



especificada, teniendo un mayor número de sujetos de estudio en el grupo de control; otra limitación identificada fue acerca del estudio histopatológico, cuya escala de valoración es un ítem no validado, que convierte datos subjetivos en datos cuantitativos, siendo de utilidad buscar otra escala para la valoración histopatológica contundente en estudios posteriores

7. CONCLUSIÓN

La utilización de ondas de presión radial en lesiones cortantes mayores al 60% del tendón de Aquiles, no demostró diferencia estadística significativa, entre ambos grupos de estudio, con formación de adhesiones, actividad de fibroblastos y engosamiento sinovial con una p de 0.76, 0.50 y 0.25 respectivamente, así como una χ^2 de 0.549, 2.354, 4.025 respectivamente; Evidenciando solo una tendencia estadística hacia la significancia entre los grupos en las variables de organización de colágeno y aumento de capilares, con una p de 0.17 y p de 0.11 respectivamente, así como una χ^2 de 4.961 y 6.031 respectivamente; La proporción de la regeneración del tendón de Aquiles de los conejos que recibieron ondas radiales es igual, que la proporción de los conejos que no fueron sometidos a ondas radiales.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Freedman, B.R., Gordon, J.A., Soslowsky, L.J., 2014. *The Achilles tendon: fundamental properties and mechanisms governing healing. Muscles Ligaments Tendons J.* 4, 245–255.

2. Winnicki, Kamil et al. “Functional anatomy, histology and biomechanics of the human Achilles tendon - A comprehensive review.” *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger : official organ of the Anatomische Gesellschaft* vol. 229 (2020): 151461. doi:10.1016/.

3. Klenerman, L. “The early history of tendo Achillis and its rupture.” *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 89,4 (2007): 545-7. doi:10.1302/0301-620X.89B4.18978.

4. Dawe, Edward J.C. et al. *Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. Orthopaedics and Trauma, Volume 25, Issue 4, 279 - 286.*

5. Abate, M., Oliva, F., Schiavone, C., Salini, V., 2012. *Achilles tendinopathy in amateur runners: role of adiposity (tendinopathies and obesity). Muscles Ligaments Tendons J.* 2, 44–48.

6. Auersperg V, Trieb K. *Extracorporeal shock wave therapy: an update. EFORT Open Rev.* 2020 Oct 26 y 5(10):584-592.

7. Rompe JD, Nafe B, Furia JP, Maffulli N. *Efficacy of Extracorporeal Shock Wave Treatment (ESWT) for Chronic Painful Heel Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med.* 2009 y 37(3):616-623.



8. Roy K. Aaron, MD. *Orthopaedic Basic Science Foundations of Clinical Practice*. Providence, Rhode Island : Wolters Kluwer, 2020. FIFTH EDITION.

9. Cook JL, Feller JA, Bonar SF, Khan KM : *Abnormal tenocyte morphology is more prevalent than collagen disruption in asymptomatic athletes' patellar tendons*. *J Orthop Res* 2004 y 22(2):334-338.

10. Kalamajski S, Oldberg A : *Homologous sequence in lumican and fibromodulin leucine-rich repeat 5-7 competes for collagen binding*. *J Biol Chem* 2009 y 284(1):534-539.

11. Robinson KA, Sun M, Barnum CE, et al: *Decorin and biglycan are necessary for maintaining collagen fibril structure, fiber realignment, and mechanical properties of mature tendons*. *Matrix Biol* 2017 y 64, 81-93.

12. Graham JG, Wang ML, Rivlin M, Beredjikian PK : *Biologic and mechanical aspects of tendon fibrosis after injury and repair*. *Connect Tissue Res* 2018 y 60(1):1-11.

13. Cheng NM, Pan WR, Vally F, Le Roux CM, Richardson MD : *The arterial supply of the long head of biceps tendon: Anatomical study with implications for tendon rupture*. *Clin Anat* 2010 y 23(6):683-692.

14. Mishra A, Woodall J Jr, Vieira A : *Treatment of tendon and muscle using platelet-rich plasma*. *Clin Sports Med* 2009 y 28(1):113-125.

15. Am, McMaster PE : *Tendon and muscle ruptures: Clinical and experimental studies on the causes and location of subcutaneous ruptures*. *J Bone Joint Surg* y 15(3):18.



16. Sharma P, Maffulli N : *Tendon injury and tendinopathy: Healing and repair.* *J Bone Joint Surg Am* 2005 y 87(1):187-202.
17. Gelberman RH, Woo SL, Lothringer K, Akeson WH, Amiel D : *Effects of early intermittent passive mobilization on healing canine flexor tendons.* *J Hand Surg Am* 1982 y 7(2):170-175.
18. Thomopoulos S, Williams GR, Soslowky LJ : *Tendon to bone healing: Differences in biomechanical, structural, and compositional properties due to a range of activity levels.* *J Biomech Eng* 2003 y 125(1):106-113.
19. Frankewycz B, Krutsch W, Weber J, Ernstberger A, Nerlich M, Pfeifer CG : *Rehabilitation of Achilles tendon ruptures: Is early functional rehabilitation daily routine?* *Arch Orthop Trauma Surg* 2017 y 137(3):333-340.
20. Park SH, Lee HS, Young KW, Seo SG. *Treatment of Acute Achilles Tendon Rupture.* *Clin Orthop Surg.* 2020 Mar, 32117532, 12(1):1-8. doi: 10.4055/cios.2020.12.1.1. Epub 2020 Feb 13. PMID: y PMC7031433., PMID:.
21. Huttunen TT, Kannus P, Rolf C, Fellander-Tsai L, Mattila VM. *Acute achilles tendon ruptures: incidence of injury and surgery in Sweden between 2001 and 2012.* *Am J Sports Med.* 2014 y 42(10):2419-23.
22. Raikin SM, Garras DN, Krapchev PV. *Achilles tendon injuries in a United States population.* *Foot Ankle Int.* 2013 y 34(4):475-80.
23. Rufai A, Ralphs JR, Benjamin M. *Structure and histopathology of the insertional region of the human Achilles tendon.* *J Orthop Res.* 1995 y 13(4):585-93.



24. Chen TM, Rozen WM, Pan WR, Ashton MW, Richardson MD, Taylor GI. *The arterial anatomy of the Achilles tendon: anatomical study and clinical implications.* *Clin Anat.* 2009 y 22(3):377-85.

25. J. Wegrzyn y J.-L. Besse. *Patología y tratamiento quirúrgico del tendón de Aquiles. Rotura aguda, crónica y tendinopatías. Técnicas quirúrgicas - Ortopedia y Traumatología, 2010-01-01, Volumen 2, Número 1, Páginas 1-22, Copyright © 2010 Elsevier Masson SA.*

26. Hajo Thermann, Christoph Becher, Michael, R. Carmont · Jón Karlsson, Nicola Maffulli · James Calder, C. Niek van Dijk. *The Achilles Tendon An Atlas of Surgical Procedures.* Springer-Verlag GmbH Germany. 2017. ISBN 978-3-662-54074-9.

27. Aicale, R., Maffulli, N. (2024). *Tendinopathies, When and How Should We Treat, What Works, and What Does Not?*. In: Doral, M.N., Karlsson, J. (eds) *Sports Injuries.* Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36801-1_338-1.

28. Riggin C.N., Morris T.R, Soslowsky, L.J. *Tendinopathy II: Etiology, Pathology, and Healing of Tendon Injury and Disease In Tendon Degeneration: Understanding Tissue Physiology and Development to Engineer Functional Substitutes* y Gomes, M.E., Reis, R.L.

29. Weidemann F, Hirschmüller A, Tamborrini G. *CME Sonografie 108: Die Achillessehne im Ultraschall: Sonoanatomie und Pathologien CME-Fragen [CME*



Sonography 108: Achilles Tendon Ultrasound: Sonoanatomy and Pathologies]. Praxis (Bern 1994). 2023 y 112(4):271-28.

30. Khan RJ, Fick D, Keogh A, Crawford J, Brammar T, Parker M. Treatment of acute achilles tendon ruptures: a meta- analysis of randomized, controlled trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2005 y 87(10):2202-10.

31. Nilsson-Helander K, Silbernagel KG, Thomee R, et al. Acute achilles tendon rupture: a randomized, controlled study comparing surgical and nonsurgical treatments using validated outcome measures. *Am J Sports Med.* 2010 y 38(11):2186-93.

32. Hsu AR, Jones CP, Cohen BE, Davis WH, Ellington JK, Anderson RB. Clinical outcomes and complications of percutaneous Achilles repair system versus open tech- nique for acute Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Int.* 2015 y 36(11):1279-86.

33. Chiodo CP, Wilson MG. Current concepts review: acute ruptures of the Achilles. *Foot Ankle Int* 2006 y 27:305-13.

34. Kadakia AR, Dekker RG 2nd, Ho BS. Acute Achilles tendon ruptures: an update on treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017 y 25(1):23-31.

35. Res., Wang CJ. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. *J. Orthop. Surg.* y 7:11.

36. Schroeder AN, Tenforde AS, Jelsing EJ. Extracorporeal Shockwave Therapy in the Management of Sports Medicine Injuries. *Curr Sports Med Rep.* 2021 Jun 1 y 20.

37. Cleveland RO, Chitnis PV, McClure SR. Acoustic field of a ballistic shock wave therapy device. *Ultrasound Med Biol.* 2007 y 33:1327-35.

38. Ramon S, Español A, Yebra M, Morillas JM, Unzurrunzaga R, Freitag K, Gómez S y Aranzabal JR. Ondas de choque. Evidencias y recomendaciones SETOC (Sociedad Española de Tratamientos con Ondas de Choque). Elsevier España. *Rehabilitación (Madr).* 55 (2021) 291.

39. d'Agostino MC, Craig K, Tibalt E, Respizzi S. Shock wave as biological therapeutic tool: From mechanical stimulation to recovery and healing, through mechanotransduction. *Int. J. Surg.* 2015.

40. Simplicio CL, Purita J, Murrell W, et al. Extracorporeal shock wave therapy mechanisms in musculoskeletal regenerative medicine. *J. Clin. Orthop. Trauma.* 2020 y 3):S309–s18., 11(Suppl.

41. Weihs AM, Fuchs C, Teuschl AH, et al. Shock wave treatment enhances cell proliferation and improves wound healing by ATP release-coupled extracellular signal-regulated kinase (ERK) activation. *J. Biol. Chem.* 2014 y 289:27090–104.

42. Wang CJ, Yang YJ, Huang CC. The effects of shock wave on systemic concentrations of nitric oxide level, angiogenesis and osteogenesis factors in hip necrosis. *Rheumatol. Int.* 2011 y 31:871–7.

43. Waugh CM, Morrissey D, Jones E, et al. In vivo biological response to extracorporeal shockwave therapy in human tendinopathy. *Eur. Cell. Mater.* 2015, 268–80, 29: y 80., discussion.



44. Chen YJ, Wang CJ, Yang KD, et al. *Extracorporeal shock waves promote healing of collagenase-induced Achilles tendinitis and increase TGF-beta1 and IGF-I expression. J. Orthop. Res.* 2004 y 22:854–61.

45. Sun D, Junger WG, Yuan C, et al. *Shock wave induce osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells through ATP release and activation of P2X7 receptors. Stem Cells.* 2013 y 31:1170–80.

46. Klonschinski T, Ament SJ, Schlereth T, et al. *Application of local anesthesia inhibits effects of low-energy extracorporeal shock wave treatment (ESWT) on nociceptors. Pain Med.* 2011 y 12:1532–7.

47. Hausdorf J, Lemmens MA, Kaplan S, et al. *Extracorporeal shockwave application to the distal femur of rabbits diminishes the number of neurons immunoreactive for substance P in dorsal root ganglia L5. Brain Res.* 2008 y 1207:96–101.

48. Haupt G, Haupt A, Ekkernkamp A, et al. *Influence of shock waves on fracture healing. Urology.* 1992 y 39:529–32.

49. Müller, P. E., D'Angelo, G., Ferlin, E. L., Martinelli, R., Trutmann, M., & Malavolta, E. A. (2002). *Shock wave therapy: principles and indications. *Acta Ortop Bras**, 10(5), 2-7.

50. Furia JP, Juliano PJ, Wade AM, Schaden W, Maffulli N. *Shock wave therapy compared with eccentric exercise for chronic insertional Achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial. J Bone Joint Surg Am.* 2006 y 88(11):2362-2371.



51. Orhan Z, Ozturan K, Guven A, Cam K. The effect of extracorporeal shock waves on a rat model of injury to tendo Achillis. A histological and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br.* 2004 May y 15174564., 86(4):613-8. PMID:.

52. Gerdesmeyer L, Frey C, Vester J, et al. Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy is Safe and Effective in the Treatment of Chronic Recalcitrant Plantar Fasciitis. *Am J Sports Med.* 2008 y 36(11):2100-2109.

53. Ioppolo F, Tattoli M, Di Sante L, Attanasi C, Venditto T, Servidio M, Cacchio A, Santilli V. Extracorporeal shock-wave therapy for supraspinatus calcifying tendinitis: a randomized clinical trial comparing two different energy levels. *Phys Ther.* 2012 Nov.

54. Gilles H, Chalmers J. The management of fresh ruptures of the tendon achilles. *J Bone Joint Surg [Am]* 1972 y 52-A:337-42.

55. Carden DG, Noble J, Chalmers, Lunn P, Ellis J. Rupture of the calcaneal tendon: the early and late management. *J Bone Joint Surg [Br]* 1987 y 69-B:416-20.

56. Maffulli N, Hemmings S, Maffulli GD. Assessment of effectiveness of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) for soft tissue injuries and tendinopathies. *Br Med Bull.* 2011 y 98(1):175-198.

57. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. *Nom-062-Zoo-199.* 1999, NOM.

58. Surg, Potenza AD. Tendon healing within the flexor digital sheath in the dog: an experie- mental study. *J Bone Joint y 44-A:49-64.*



59. Bruns J, Kampen J, Kahrs J, Plitz W. Achilles tendon rupture: experimental results on spontaneous repair in a sheep-model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000 y 8:364-9.

60. Williams LF, Nicholls JS, Goodship AE, Silver IA. Experimental treatment of tendon injury with heparin. *Br J Plast Surg* 1986 y 39:367-72.

61. 1963, Potenza AD. Critical evaluation of flexor tendon healing and adhesion formation within artificial digital sheaths: an experimental study. *J Bone Joint Surg [Am]* y 45-A:1217-33.

9.0 ANEXOS



Oficio No. CI/0045/2024
Asunto: Dictamen de revisión de protocolo
Chihuahua, Chih. A 28 octubre 2024

Dr. CESAR GONZALEZ ALCANTARA

Por medio de la presente me permito informarle que el protocolo: EFECTO DE LAS ONDAS DE PRESION RADIAL EN LESIONES CORTANTES MAYORES AL 60% DEL TENDON DE AQUILES EN UN MODELO ANIMAL, con numero de registro CI/0045/2024, ha sido revisado y aprobado por el comité de investigación del hospital central del estado.

Se le recuerda que para concluir su trámite deberá presentar los resultados y conclusiones de su investigación en el informe final, a este comité.

Atentamente

Dr. Raul Eduardo Ramirez Gutierrez
Coordinador del Comité de investigación

COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO

Chihuahua, Chih. A 21 de Noviembre de 2024

DR. CESAR GONZALEZ ALCANTARA
P R E S E N T E

Por este conducto me permito informar a Usted que de acuerdo a la revisión del protocolo "EFECTO DE LAS ONDAS DE PRESION RADIAL, EN LESIONES CORTANTES MAYORES AL 60% DEL TENDON DE AQUILES EN UN MODELOO ANIMAL", con número de registro 050C-11/24.

Este Comité de Ética en Investigación que me honro en presidir ha decidido aprobarlo debido a que el día de hoy se realizaron las correcciones que se observaron el día 21 de noviembre del presente año,

Le recuerdo el compromiso de informarle por escrito a este Comité, cuando menos cada 6 meses o antes la evolución y seguimiento de su protocolo

Una vez finalizado el estudio de este protocolo debe de comunicarlo por medio de oficio a este Comité.

Sin más por el momento,

A T E N T A M E N T E

DR. VICTOR MANUEL GOMEZ MORENO
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION
DEL HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO



SECRETARÍA
DE SALUD



"2023, Centenario de la muerte del General Francisco Villa"
"2023, Cien años de Rotarismo en Chihuahua"

Calle Rosales No. 3302, Col. Obrera, Chihuahua, Chih.
Teléfono (614) 429-3300

Case Processing Summary

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
FORMACION DE ADHESIONES * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE	19	100.0%	0	0.0%	19	100.0%

FORMACION DE ADHESIONES * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE Crosstabulation

			RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE		Total
			NO RECIBIO	SI RECIBIO	
FORMACION DE ADHESIONES	AUSENTE	Count	2	2	4
		Expected Count	2.1	1.9	4.0
		% within FORMACION DE ADHESIONES	50.0%	50.0%	100.0%
	MEDIO	Count	6	4	10
		Expected Count	5.3	4.7	10.0
		% within FORMACION DE ADHESIONES	60.0%	40.0%	100.0%
	MODERADO	Count	2	3	5
		Expected Count	2.6	2.4	5.0
		% within FORMACION DE ADHESIONES	40.0%	60.0%	100.0%
Total	Count	10	9	19	
	Expected Count	10.0	9.0	19.0	
	% within FORMACION DE ADHESIONES	52.6%	47.4%	100.0%	

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	.549 ^a	2	.760
Likelihood Ratio	.551	2	.759
Linear-by-Linear Association	.118	1	.732
N of Valid Cases	19		

a. 5 cells (83.3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.89.

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE	19	100.0%	0	0.0%	19	100.0%

ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE Crosstabulation

		RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE		Total	
		NO RECIBIO	SI RECIBIO		
ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS	AUSENTE	Count	2	2	4
		Expected Count	2.1	1.9	4.0
		% within ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS	50.0%	50.0%	100.0%
	MEDIO	Count	6	4	10
		Expected Count	5.3	4.7	10.0
		% within ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS	60.0%	40.0%	100.0%
	MODERADO	Count	1	3	4
		Expected Count	2.1	1.9	4.0
		% within ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS	25.0%	75.0%	100.0%
	MODERADO/SEVERO	Count	1	0	1
		Expected Count	.5	.5	1.0
		% within ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS	100.0%	0.0%	100.0%
Total	Count	10	9	19	
	Expected Count	10.0	9.0	19.0	
	% within ACTIVIDAD DE FIBROBLASTOS	52.6%	47.4%	100.0%	

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2.354 ^a	3	.502
Likelihood Ratio	2.783	3	.426
Linear-by-Linear Association	.001	1	.976
N of Valid Cases	19		

a. 7 cells (87.5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .47.

Case Processing Summary

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
AUMENTO DE CAPILARES * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE	19	100.0%	0	0.0%	19	100.0%

AUMENTO DE CAPILARES * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE Crosstabulation

			RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE		Total
			NO RECIBIO	SI RECIBIO	
AUMENTO DE CAPILARES	AUSENTE	Count	1	5	6
		Expected Count	3.2	2.8	6.0
		% within AUMENTO DE CAPILARES	16.7%	83.3%	100.0%
	MEDIO	Count	6	4	10
		Expected Count	5.3	4.7	10.0
		% within AUMENTO DE CAPILARES	60.0%	40.0%	100.0%
	MODERADO	Count	2	0	2
		Expected Count	1.1	.9	2.0
		% within AUMENTO DE CAPILARES	100.0%	0.0%	100.0%
	MODERADO/SEVERO	Count	1	0	1
		Expected Count	.5	.5	1.0
		% within AUMENTO DE CAPILARES	100.0%	0.0%	100.0%
Total		Count	10	9	19
		Expected Count	10.0	9.0	19.0
		% within AUMENTO DE CAPILARES	52.6%	47.4%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6.031 ^a	3	.110
Likelihood Ratio	7.420	3	.060
Linear-by-Linear Association	5.294	1	.021
N of Valid Cases	19		

a. 7 cells (87.5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .47.

Case Processing Summary

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ORGANIZACION DE COLAGENO * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE	19	100.0%	0	0.0%	19	100.0%

ORGANIZACION DE COLAGENO * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE Crosstabulation

			RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE		Total
			NO RECIBIO	SI RECIBIO	
ORGANIZACION DE COLAGENO	AUSENTE	Count	2	4	6
		Expected Count	3.2	2.8	6.0
		% within ORGANIZACION DE COLAGENO	33.3%	66.7%	100.0%
	MEDIO	Count	2	4	6
		Expected Count	3.2	2.8	6.0
		% within ORGANIZACION DE COLAGENO	33.3%	66.7%	100.0%
	MODERADO	Count	5	1	6
		Expected Count	3.2	2.8	6.0
		% within ORGANIZACION DE COLAGENO	83.3%	16.7%	100.0%
	MODERADO/SEVERO	Count	1	0	1
		Expected Count	.5	.5	1.0
		% within ORGANIZACION DE COLAGENO	100.0%	0.0%	100.0%
Total	Count	10	9	19	
	Expected Count	10.0	9.0	19.0	
	% within ORGANIZACION DE COLAGENO	52.6%	47.4%	100.0%	

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4.961 ^a	3	.175
Likelihood Ratio	5.604	3	.133
Linear-by-Linear Association	3.750	1	.053
N of Valid Cases	19		

a. 8 cells (100.0%) have expected count less than 5. The

ENGROSAMIENTO DE SINOVIAL * RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE Crosstabulation

		RECIBIO TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE		Total	
		NO RECIBIO	SI RECIBIO		
ENGROSAMIENTO DE SINOVIAL	AUSENTE	Count	8	7	15
		Expected Count	7.9	7.1	15.0
		% within ENGROSAMIENTO DE SINOVIAL	53.3%	46.7%	100.0%
	MEDIO	Count	0	1	1
		Expected Count	.5	.5	1.0
		% within ENGROSAMIENTO DE SINOVIAL	0.0%	100.0%	100.0%
	MODERADO	Count	2	0	2
		Expected Count	1.1	.9	2.0
		% within ENGROSAMIENTO DE SINOVIAL	100.0%	0.0%	100.0%
	MODERADO/SEVERO	Count	0	1	1
		Expected Count	.5	.5	1.0
		% within ENGROSAMIENTO DE SINOVIAL	0.0%	100.0%	100.0%
Total	Count	10	9	19	
	Expected Count	10.0	9.0	19.0	
	% within ENGROSAMIENTO DE SINOVIAL	52.6%	47.4%	100.0%	

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4.025 ^a	3	.259
Likelihood Ratio	5.559	3	.135
Linear-by-Linear Association	.012	1	.915
N of Valid Cases	19		

a. 6 cells (75.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .47.