



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN
Luis Guillermo Ibarra Ibarra

ESPECIALIDAD EN:

Ortopedia

CORRELACIÓN ENTRE LA IMAGEN ELASTOSONOGRÁFICA Y LA FUNCIÓN CLÍNICA DEL TENDÓN DE AQUILES REPARADO QUIRÚRGICAMENTE, EN PACIENTES INTERVENIDOS CON TÉCNICA ABIERTA VERSUS MÍNIMA INVASIVA

T E S I S

PARA OBTENER EL DIPLOMA
DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN:
ORTOPEDIA

P R E S E N T A:

DR. JONATAN DE JESÚS HERNÁNDEZ LEÓN

PROFESOR TITULAR

DR. JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA

ASESOR

DR. MICHELL RUÍZ SUÁREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD

DRA. XOCHIQETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
SUBDIRECTORA DE EDUCACIÓN MÉDICA

DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA

DR. JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA
PROFESOR TITULAR

DR. ERIC HAZAN LASRI
ASESOR CLÍNICO

DR. MICHELL RUIZ SUÁREZ
ASESOR METOLÓGICO

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, Felipe Hernández, por enseñarme el poder de la perseverancia, por no darme sino enseñarme a obtener y por demostrarme que puedes empezar desde abajo y llegar tan alto como te lo propongas.

A mi madre, Irma León, quien me ha enseñado la bondad y la compasión en su máximo esplendor, así como el temor a Dios ante todas las cosas. Quien siempre se ha preocupado por mi desarrollo personal y espiritual, antes que el profesional.

A mis abuelas, de quienes he aprendido lo que es el amor incondicional hacia sus hijos y nietos, y quienes son los ángeles terrenales que interceden por mí ante el creador en cada una de sus oraciones.

A mi gran familia, tíos, primos y hermanos, quienes con su buen o mal ejemplo han dejado una semilla en mi corazón y mi mente, y así los llevo conmigo en todo momento.

A mis amigos, los cuales siempre han sido el pilar más importante en mi vida, quienes me han sostenido en momentos de debilidad, y me han levantado en momentos de necesidad. Bien dicen que son la familia que sí se escoge.

Finalmente y primordialmente a Dios por darme más bendiciones de las que tal vez merezco. Con Dios todo, sin él nada.

ÍNDICE

<u>1</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
<u>2</u>	<u>MARCO TEÓRICO</u>	12
<u>3</u>	<u>JUSTIFICACIÓN</u>	14
<u>4</u>	<u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	15
<u>5</u>	<u>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</u>	15
<u>6</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	15
<u>7</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	16
<u>8</u>	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	16
<u>9</u>	<u>MATERIAL Y MÉTODOS</u>	16
<u>10</u>	<u>EVALUACIÓN</u>	17
<u>11</u>	<u>RESULTADOS</u>	19
<u>12</u>	<u>DISCUSIÓN</u>	19
<u>13</u>	<u>CONCLUSIÓN</u>	21
<u>14</u>	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	22
<u>15</u>	<u>ANEXOS</u>	22

INTRODUCCIÓN

La ruptura del tendón de Aquiles es una lesión reconocida desde el tiempo de Hipócrates, pero es Ambrose Paré en 1575, quien realiza la primera descripción de esta lesión.²³ Es una de las lesiones tendinosas más comunes en la población adulta.¹ La presentación pico es entre los 30-40 años de edad^{1,2} y más común en varones a razón de 3:1.³ Es una lesión frecuente entre adultos jóvenes activos y es potencialmente discapacitante.³ Está frecuentemente relacionada con deportes recreacionales que involucran aceleraciones repentinas y saltos como: fútbol, tenis, voleibol, basquetbol entre otros;^{1,2,4} y con una mayor frecuencia en temporada de primavera y verano.^{3,4} La mayoría de las rupturas tendinosas muestran cambios degenerativos aún antes de la ruptura.² Además es bien conocida la relación entre el uso de esteroides infiltrados en patología ortopédica en la vecindad del tendón de Aquiles y su ruptura.¹¹

La incidencia de la ruptura aguda del tendón de Aquiles varía entre 7 y 40 por cada 100,000 personas al año.² Sin embargo, a nivel mundial la incidencia de esta lesión está aumentando⁵. Se ha sugerido que este incremento se debe al aumento de adultos mayores que participan en deportes de alto impacto.² En diversos estudios podemos encontrar el aumento de la incidencia de esta patología. Por ejemplo, en Suecia² de 2001 a 2012 la incidencia de ruptura de tendón de Aquiles incrementó un 17% en hombres y un 22% en mujeres, en Finlandia¹ de 1979 a 2011 con un aumento general de 2.1 a 21.5 por cada 100,000 personas/año, en Dinamarca³ de 1994 a 2013 se presentó una alza de la incidencia de 26.9 a 31.1 por cada 100,000 personas/año y en Canadá⁴ entre el 2003 y el 2013 ascendió de 18 a 29.3 por cada 100,000 personas/año.

El diagnóstico de ruptura de tendón de Aquiles es clínico. Los pacientes refieren una historia de sensación de “chasquido” o como si les dieran una “patada o pedrada” en la parte posterior del tobillo durante un momento de actividad física. A la exploración física se presenta equimosis y edema, así como un defecto palpable. La elevación de “puntillas” estará ausente en las rupturas completas y las pruebas clínicas de Thompson y Copeland serán positivas.¹⁷

Contamos con otras pruebas complementarias para llegar al diagnóstico como las

radiografías, la resonancia magnética (RM) y el ultrasonido. Éste último es un método no invasivo, que no emite radiaciones ionizantes, que consigue una resolución espacial que excede a la obtenida con RM convencional en estructuras no demasiado profundas y con un menor coste, así como un menor tiempo de exploración. También tiene ventajas sobre la RM para identificar el calcio intratendinoso y permite realizar estudios dinámicos. Sus desventajas es que es operador dependiente y la RM es superior cuando se quiere realizar una valoración global de una articulación. El ultrasonido y la RM no son técnicas antagónicas, sino complementarias.¹⁸ Ecográficamente el tendón de Aquiles normal es un tendón aplanado y ancho en el tercio distal de la pierna que irá adquiriendo aspecto cordonal. Su grosor en el plano transversal es de 5-7mm. En el corte longitudinal se apreciará un patrón fibrilar homogéneo y se observará su inserción distal en el calcáneo. Es un tendón sin vaina con un paratenón hiperecoico.^{18,19}

En caso de ruptura completa del tendón de Aquiles observaremos pérdida del patrón fibrilar en el plano longitudinal con retracción de los márgenes desgarrados. En el plano transversal se detecta la interrupción del tendón como un espacio hipoecoico y la presencia de líquido o hematoma si es agudo. Si es crónico se ve tejido de granulación y fibrosis hipoecoica.¹⁹ Incluso se pueden realizar pruebas dinámicas como el test de Thompson bajo visión ultrasonográfica, para aumentar la sensibilidad y especificidad de ambas pruebas.²¹ La longitud del tendón y el tamaño de la ruptura muestran una alta correlación en las mediciones ultrasonográficas pre quirúrgicas como en los hallazgos intraoperatorios.²⁰

Las opciones de tratamiento para la ruptura del tendón de Aquiles incluyen medidas no quirúrgicas y quirúrgicas, consistentes en inmovilización por un tiempo determinado con posterior rehabilitación y los procedimientos quirúrgicos abiertos ó mínimo invasivos.⁶ El tratamiento quirúrgico para esta patología era considerado el “*gold standard*”, sin embargo a nivel mundial las tendencias están cambiando, presentando una disminución considerable en la predilección por el tratamiento quirúrgico en pro del tratamiento conservador^{2,3,4} debido al desarrollo de estudios clínicos controlados aleatorizados de alta calidad y sus meta-análisis que demuestran resultados similares entre el abordaje quirúrgico y no quirúrgico.^{6,7,8,9}

Estos resultados dependen de que el tratamiento conservador se acompañe de rehabilitación funcional^{6,9} para que los resultados con respecto a incidencia de re-ruptura, rango de movilidad, circunferencia de pantorrilla y resultados funcionales sean similares al abordaje quirúrgico y presentando menores tasas de complicaciones como infección, problemas de cicatrización y/o trombosis venosa profunda. Por otro lado algunos estudios encuentran con el tratamiento quirúrgico un más rápido regreso a las actividades laborales y con mejor resultado en el test de elevación del talón (Heel-Raise Test) y una ligera disminución en la tasa de re-rupturas.^{6,7,10}

Los resultado finales del tratamiento quirúrgico varía dependiendo de la técnica realizada e incluso varía entre géneros¹⁰ presentando los hombres mayor altura en el test de elevación de talón a los 12 meses mientras que las mujeres presentan mayor sintomatología posterior al tratamiento quirúrgico a los 6 y 12 meses. Lo que no afecta el resultado es el tiempo en el que se realiza el tratamiento quirúrgico ya sea <24hrs, >24hrs pero <48hrs ó >48hrs pero <1 semana, sin encontrar diferencias significativas medidas con dinamometría y con el Score de ruptura de tendón de Aquiles, ATRS (por sus siglas en inglés).^{13,14}

Dentro de las modalidades de tratamiento quirúrgico tenemos el clásico abordaje abierto y las recientes técnicas mínimamente invasivas, las cuales buscan mejorar la recuperación y disminuir las complicaciones relacionadas con el tratamiento quirúrgico. Un estudio evaluó los resultados funcionales de la reparación percutánea de tendón de Aquiles, encontrando mediante el ATRS, excelentes o buenos resultados a los 3, 6, 9 y 12 meses en un 3%, 36%, 57% y 69% de pacientes respectivamente.¹⁴ Otro estudio comparó los resultados en términos de función, estética y complicaciones, encontrándose que la reparación percutánea provee logros funcionales similares a los obtenidos con la técnica abierta, pero con mejor apariencia estética, menores tasas de complicaciones con la herida y sin aumento en la tasa de re-ruptura.¹⁵ Diversos meta-análisis concluyen que la reparación percutánea tiene ventajas sobre el tiempo de cirugía, el retorno a las actividades físicas y la infección profunda, con similares resultados funcionales y solo con un mayor riesgo de lesión del nervio sural, pero que no es estadísticamente significativo.^{12,16}

Para valorar los resultados funcionales de los diversos abordajes terapéuticos contamos con el *Achilles Tendon Total Rupture Score* (ATRS), el cual es una escala clínica auto administrada, enfermedad-específica, de 10 ítems, construida en una escala de 0 a 10 puntos. Esta escala es considerada el cuestionario más fidedigno para la evaluación de la recuperación funcional del tendón de Aquiles posterior a tratamiento quirúrgico. El puntaje más alto, 100 puntos, indica un completo regreso a todas las actividades incluyendo deportes. Para cada pregunta, un puntaje de 0 corresponde a la máxima limitación y molestia, mientras que 10 significa bienestar y completa recuperación.⁵²

Otras formas objetivas de evaluar los resultados funcionales son los dinamómetros isocinéticos como el Biodex Multi-Joint System-Pro[®] (Biodex Medical Systems, Inc. Shirley, NY, USA) y la técnica de imagen ultrasonográfica llamada “Elastosonografía”.

Los dispositivos de dinamometría isocinética son una opción útil para la evaluación de la fuerza muscular, especialmente en casos de disfunción leve que no es evidente en test musculares clínicos.⁵³ El dispositivo tiene un rango controlado de movilidad y resistencia ajustable. Por lo tanto, la resistencia es igual a la cantidad inmediata de esfuerzo aplicado contra el brazo de la unidad. El registrador mide el torque en pies/libras.⁵⁴

Las propiedades elásticas de los tejidos blandos dependen de su conformación molecular y de su organización estructural, tanto micro como macroscópica.²⁴ La elastosonografía es el resultado de la conjunción entre la elastografía y la ecografía en modo-B, donde se muestran, en tiempo real, los parámetros relativos a la organización estructural de los tejidos y la velocidad de deformidad de estos. De esta manera, vemos reflejadas, en una técnica no invasiva, las características mecánicas de cada tejido.²⁵

Las diferentes técnicas de elastografía (en ultrasonido o resonancia magnética) se basan en la hipótesis de que los tejidos blandos se deforman más que los rígidos y que estas diferencias pueden ser plasmadas en imágenes. La elastografía aporta una nueva perspectiva a la ecografía convencional: la rigidez de los tejidos que

junto con la información anatómica del modo-B y la vascular del modo-Doppler proporciona una información clave para el diagnóstico, reduciendo el listado de diagnósticos diferenciales.²⁵

Existen 2 clases de elastosonografía: la cualitativa (strain elastography) y la cuantitativa (shear-wave elastography).

La elastosonografía cualitativa adquiere primero los datos correspondientes a la anatomía tisular antes de la deformación o compresión. Posteriormente se aplica una pequeña presión mediante un compresor externo (transductor ecográfico) y se adquiere otro mapa de la anatomía tisular (postcompresión). El desplazamiento del tejido deformado se calcula mediante la comparación de estos 2 mapas anatómicos y se refleja en un mapa de colores, donde se interpreta como: 1. Rojo = Tejido Suave, 2. Verde y Amarillo = Tejido Intermedio, 3. Azul = Tejido Rígido (los colores pueden estar invertidos dependiendo de la marca del equipo).^{24,25}

La elastosonografía cuantitativa mide el desplazamiento del tejido independientemente de la presión aplicada, al enviar microimpulsos acústicos con niveles mínimos de energía hacia los diferentes tejidos. La ventaja de ésta con respecto a la anterior es que no hay necesidad de comprimir con el transductor, por lo que existe menos variabilidad intra e interobservador, es decir, mayor reproducibilidad. Esta modalidad nos da un valor absoluto de presión en kPa o una velocidad de corte en m/s.²⁵

La elastosonografía tiene múltiples aplicaciones actualmente en el ámbito médico como el estudio de patología de mama,²⁶ tiroides,²⁷ próstata,²⁸ páncreas,^{29,33} hígado,³⁰ esófago,³¹ ganglios linfáticos mediastínicos,³² colon;³⁴ así como patologías reumáticas tales como esclerosis sistémica o miopatías inflamatorias, entre otras.^{35,36}

En el sistema musculoesquelético la elastosonografía tiene múltiples aplicaciones clínicas entre las que mencionaremos: la valoración del tendón de Aquiles, encontrándose reblandecimiento de los tendones patológicos, inclusive en pacientes asintomáticos, sugiriendo que la elastosonografía nos permite un diagnóstico en una etapa pre-clínica de una tendinopatía;^{37,40,41,42,43} de igual

manera se ha utilizado dicha técnica para la valoración de los resultados del tratamiento quirúrgico de la ruptura de tendón de Aquiles, donde el tejido regenerativo ha sido encontrado como más duro y heterogeneo.^{38,40} A su vez se ha utilizado para el estudio de la epicondilitis, donde se han encontrado distintos grados de reblandecimiento del tendón extensor común en pacientes con epicondilitis clínica.^{37,40,42,43} Del mismo modo el músculo y tendón supraespinoso ha sido objeto de estudio, en donde los casos de tendinosis se presentan como reblandecimiento, pero también regiones con endurecimiento, que representan fibrosis reparativa.^{40,43,44,46}

Otro objeto de estudio ha sido la fascia plantar donde se observa reblandecimiento en la inserción proximal de pacientes con fascitis plantar e inclusive en pacientes aun sin síntomas, lo que implica que los cambios en la elasticidad pueden ocurrir en un estadio más temprano que los cambios morfológicos.^{37,40,41} Otro ligamento abordado con ésta técnica ha sido el coracohumeral el cual se encuentra más rígido en pacientes con capsulitis adhesiva.⁴⁰ También la polea A1 en los pacientes con dedo en gatillo se encuentra más rígida en los pacientes sintomáticos.⁴⁰

En los pacientes portadores de síndrome del túnel del carpo ha sido demostrado que el nervio mediano se encuentra más rígido comparado con los controles, por lo que los autores proponen este método no invasivo de diagnóstico contra los estudios invasivos de conducción nerviosa.⁴⁰

En el estudio de los músculos la elastosonografía se ha convertido en la modalidad más prometedora de evaluación ya que permite la valoración de la firmeza muscular durante los movimientos activos y pasivos. Ya en la práctica se ha utilizado para evaluar la espasticidad muscular posterior a un evento vascular cerebral, lesión medular, parálisis cerebral, miopatías y síndrome de dolor miofascial.^{38,42,43,45}

No menos importante es el estudio de los tumores de tejidos blandos por medio de elastosonografía, encontrándose que los tumores malignos se presentan como masas más duras comparados con los tumores benignos; así como masas heterogéneas, con sustancia interna desorganizada que nos sugiera una

naturaleza agresiva o indiferenciada. Esto nos puede ayudar para guiar la toma de biopsias o para identificar la degeneración maligna en un tumor previamente diagnosticado como benigno.^{40,41,47,48}

Cabe mencionar la aplicación de la elastosonografía en el estudio de patologías reumáticas como polimialgia reumática, esclerosis sistémica, sinovitis inflamatoria y diferenciación de nódulos reumatoides de otros tipos de nódulos, entre otras.^{42,43}

En conclusión, la elastosonografía en el sistema musculoesquelético nos permite un diagnóstico temprano de degeneración y nos permite realizar un seguimiento de la curación y el efecto de los tratamientos aplicados, así como para la estimación del tiempo de recuperación para el regreso a la actividad, una vez que el elastosonograma regresó a la normalidad.^{38,40} Actualmente en su aplicación en el músculo esquelético, gracias a las nuevas modalidades de elastosonografía, éste es considerado un estudio reproducible.³⁹

MARCO TEÓRICO

De manera más específica, la elastosonografía se ha utilizado para el seguimiento y valoración de resultados en pacientes postquirúrgicos de reparación de ruptura aguda del tendón de Aquiles. En donde en términos generales se ha encontrado que el tendón reparado muestra una apariencia más dura y con solo un relativo patrón heterogéneo, sin alcanzar nunca su apariencia sonográfica normal.⁴⁹

Tan y cols.⁵⁰ evaluaron la apariencia elastosonográfica de pacientes sanos y de pacientes con reparación quirúrgica abierta de rupturas completas en jugadores de fútbol amateur. Encontraron en los pacientes con reparación quirúrgica una mayor rigidez en la imagen por elastosonografía y un patrón heterogéneo de la estructura del tendón, presentando estos pacientes clínicamente una adecuada función, por lo cual los autores consideran estos hallazgos como la consecuencia natural de la cicatrización del tendón. Esto mismo fue constatado por Karatekin y cols.⁵⁶ independientemente de la técnica de sutura con la que se haya reparado (Krackow vs Kessler).

Por otra parte, Busilachi y cols.⁵¹ estudiaron la elasticidad del tendón de pacientes tratados con técnica percutánea a los 40 días, 6 meses y 1 año posterior a la

cirugía; a su vez evaluó el resultado funcional a los 6 meses y al año postquirúrgico con el score ATRS. Se encontró que el tendón de Aquiles se volvía progresivamente más rígido durante el seguimiento, mientras que el ATRS mejoraba, sin embargo del mismo modo se encontró que después de 1 año de cirugía el tendón no mostraba un “restitutio ad integrum”.

Yamamoto y cols.⁵² compararon la elastosonografía cualitativa (*Compression Elastography*) con la cuantitativa (*Shear Wave Elastography*) en pacientes sanos. Concluyen que la técnica cuantitativa es superior en términos de cuantificación, sin embargo no está libre de limitaciones ya que es una técnica operador-dependiente que depende del ángulo de incidencia, la posición del tobillo y el grado de profundidad del tendón. Refieren que la elastografía cualitativa nos puede proporcionar una estimación gruesa del grado de degeneración del tendón (un tendón degenerado será más suave) en la práctica clínica cuando no tenemos disponibilidad de elastografía cuantitativa.

Sin embargo existen softwares que nos permiten de alguna manera cuantificar las imágenes de una elastosonografía cualitativa. Ahn y cols.⁵³ analizaron los cambios histológicos y elastosonográficos posterior a una tendinopatía de Aquiles inducida en conejos; estudio en el cual procesaron sus imágenes por medio de un software que cuantifica la cantidad de píxeles (Image J), obteniendo histogramas por colores, dando los promedios de cada color y permitiendo hacer análisis estadísticos con estas cifras.

Más adelante, Zhang y cols.⁵⁴ realizaron un estudio evaluando el proceso de cicatrización de tendones de Aquiles reparados quirúrgicamente por técnica abierta, buscando si existía correlación entre los cambios en las propiedades mecánicas (evaluadas por elastosonografía) y la función del tendón. La elasticidad y los resultados funcionales (evaluados con la escala de la American Orthopedic Foot and Ankle Society [AOFAS]), fueron medidos a las 12, 24 y 48 semanas; encontrándose que la función del tendón se correlacionaba positivamente con la elasticidad del tendón reparado. Por lo anterior el autor sugiere que evaluando las propiedades mecánicas del tendón en curación se podrá predecir su resultado

funcional. Por ejemplo: propiedades mecánicas pobres (valores bajos del módulo de elasticidad) pueden a su vez predecir un alto riesgo de re-rupturas de los tendones de Aquiles reparados quirúrgicamente.

De forma similar, Gitto y cols.⁴⁹ le dieron seguimiento sonográfico al proceso de cicatrización del tendón de Aquiles reparado tras una ruptura completa. En Modo-B encontraron que el tendón reparado es más largo y ancho, además que la pérdida de la estructura fibrilar y la heterogeneidad son esperadas en los primeros 6 meses; colecciones de fluidos y calcificaciones intratendinosas extensas son considerados aspectos patológicos. En la evaluación Doppler, la persistencia de hipervascularidad después de 6 meses se considera un marcador patológico. Finalmente en la elastografía un tendón bien cicatrizado tendrá un patrón rígido y relativamente heterogéneo; mientras que uno patológico presentará reducción de la rigidez. Con respecto a este patrón elastosonográfico, Frankewycz y cols.⁵⁵ realizaron un estudio a largo plazo para evaluar las propiedades elásticas del tendón posterior a una ruptura, con un seguimiento mínimo de 2 años y máximo de 11 años, encontrando que el tendón de Aquiles cicatrizado va perdiendo a largo plazo propiedades elásticas: disminución de la fuerza (dinamómetro), de la rigidez y del módulo de Young (elastosonografía); lo anterior sin correlacionarse con los resultados clínicos.

La reproducibilidad de estas técnicas dependen mucho de diversos factores como: el grado de compresión, el ángulo de incidencia, la profundidad de los tejidos, la posición del tobillo, el tamaño del ROI (*Region of Interest*), el equipo utilizado; por lo cual se debe realizar el estudio de una forma bien estandarizada.^{52,57,58,59,60}

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ruptura del tendón de Aquiles es una lesión muy frecuente y potencialmente incapacitante si no es tratada correctamente. Se han propuesto diversas técnicas para la reparación y aunque dan buenos resultados funcionales, la frecuencia de complicaciones no es baja, por las características anatómicas del tendón. Las técnicas mínimamente invasivas han demostrado al menos los mismos resultados que las técnicas abiertas, con teóricamente menos complicaciones; sin embargo,

no tenemos hasta el momento pruebas objetivas concluyentes que determinen que una técnica sea superior a la otra en la recuperación de sus propiedades biomecánicas y funcionales.

La elastosonografía es una herramienta no invasiva que nos permite evaluar en tiempo real las propiedades biomecánicas del tendón de Aquiles; es posible darle seguimiento y comparar cambios en la calidad tisular a través del tiempo. La elastosonografía podría ser una manera objetiva para valorar si una técnica quirúrgica da mejores resultados biomecánicos, y por ende funcionales, que otra.

JUSTIFICACIÓN

Se pueden correlacionar las múltiples modalidades de imagen ultrasonográfica con escalas funcionales y pruebas isocinéticas para comparar los resultados entre las técnicas quirúrgicas de reparación del tendón de Aquiles (abierta versus mínima invasiva)

No hay bibliografía en donde se haya utilizado la elastosonografía como método de comparación de los resultados de las diferentes técnicas de tratamiento quirúrgico de las rupturas agudas del tendón de Aquiles; y a su vez hay pocos estudios en los cuales se haya hecho una correlación entre técnicas de imagen ultrasonográficas y de evaluación funcional como la isocinecia con dinamómetro.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La técnica abierta tendrá resultados superiores, en comparación con las técnicas mínimamente invasivas, en la recuperación de las propiedades biomecánicas del tendón de Aquiles reparado tras una ruptura aguda?

HIPÓTESIS

En el grupo de reparación abierta del tendón de Aquiles se encontrará un tejido con mayor homogeneidad ultrasonográfica y rigidez elastosonográfica, en comparación con los pacientes intervenidos con técnica mínima invasiva.

Los pacientes que presenten mayor rigidez elastosonográfica presentarán mejores resultados funcionales en la escala clínica ATRS y en la medición dinamométrica de las pruebas isocinéticas.

OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo de nuestro trabajo es comparar la calidad elástica del tendón de Aquiles reparado quirúrgicamente por técnica abierta convencional “versus” técnica mínima invasiva, por medio de elastosonografía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Calcular la correlación entre la imagen elastosonográfica con escalas funcionales y pruebas isocinéticas, que nos permitan evaluar como las características biomecánicas medidas se relacionan con los resultados funcionales del paciente.
- 2) Presentar a la Elastosonografía como una técnica de evaluación, de posible aplicación en la práctica clínica diaria, en la patología del tendón de Aquiles.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizará un estudio observacional de corte transversal, comparativo, en pacientes que hayan sufrido una ruptura de tendón de Aquiles y que hayan sido tratados quirúrgicamente durante la fase aguda ya sea por técnica abierta o mínima invasiva. Se comparará con el tendón contralateral no intervenido. Esto se realizará de acuerdo a la normativa asentada en la declaración de Helsinki y previa aprobación por el comité de ética de ésta institución. Se le explicará al paciente la finalidad del estudio, se le invitará a participar y, en caso de aceptar, se le pedirá firme un consentimiento informado previo a su inclusión en el protocolo.

CRITERIOS INCLUSIÓN:

Pacientes con al menos 12 meses postquirúrgicos, tratados tanto con técnica abierta como mínima invasiva para ruptura aguda del tendón de Aquiles, en el Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra”; intervenidos quirúrgicamente en el periodo comprendido entre enero 2015 y diciembre 2017, con lesión aguda (menor a 3 semanas) y afección unilateral. Género indistinto y edad entre 18 y 60 años, sin co-morbilidades ni consumo de fármacos relacionados con tendinopatía, quienes hayan cumplido con un protocolo de rehabilitación completo posterior a la cirugía.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Pacientes con ruptura de tendón de Aquiles crónica, independientemente del tipo de tratamiento o con ruptura de tendón de Aquiles aguda, pero manejados con tratamiento conservador. Pacientes con reparación aguda del tendón de Aquiles, que hayan requerido procedimientos quirúrgicos subsecuentes. Pacientes portadores de patologías asociadas a tendinopatía como: diabetes, cáncer, enfermedades cardiacas o pulmonares, artritis reumatoide, espondiloartropatías, entesopatías, colagenopatías e hipercolesterolemia. Pacientes con ingesta de medicamentos en el último año que afecten el proceso de reparación tendinoso como son: fluoroquinolonas, estatinas, glucocorticoides y quimioterapia.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN:

Pacientes que no realicen de forma completa las pruebas de imagen y funcionales.

EVALUACIÓN FUNCIONAL:

Para la valoración del estado funcional ocuparemos el score ATRS y la dinamometría con Biodex Multi-Joint System-Pro[®], en el mismo período de tiempo en el que se realice la elastosonografía, en pacientes intervenidos quirúrgicamente por técnica convencional y mínima invasiva.

Se utilizará la traducción validada en español de la escala ATRS, la cual se encuentra en proceso de publicación. Las pruebas isocinéticas se llevarán a cabo con un dinamómetro isocinético Biodex Multi-Joint System-Pro[®], perteneciente al servicio de Medicina del Deporte del Instituto Nacional de Rehabilitación, "Luis Guillermo Ibarra Ibarra". Éste se configurará para valorarla fuerza de los plantiflexores y dorsiflexores del pie intervenido y del pie contralateral, para así poder sacar el porcentaje de asimetría entre los grupos musculares de cada pie y compararlos.

EVALUACIÓN DE IMAGEN:

Se utilizará un equipo de ultrasonido Siemens[®] Acuson Antares, perteneciente al servicio de Ultrasonido Musculoesquelético del Instituto Nacional de Rehabilitación, "Luis Guillermo Ibarra Ibarra", con sonda lineal multifrecuencia de 3-7 MHz, con software para Ecografía en modo B, Doppler y Elastografía con técnica cualitativa.

Las evaluaciones se llevarán a cabo por un mismo ultrasonografista, experto en patología musculoesquelética, “ciego” ante los resultados funcionales, que realizará el estudio de forma longitudinal tomando como referencia la unión osteotendinosa, tanto en el lado intervenido quirúrgicamente como en el contralateral, con el pie en posición neutra. Se evaluará el tendón en Modo B, Doppler y Elastosonografía Cualitativa. Se evaluarán las imágenes obtenidas de la elastografía con el programa *ImageJ* desarrollado por el “National Institute of Health” autorizado para lectura y procesamiento analítico de píxeles de imágenes médicas; siendo en la configuración de nuestro equipo: Rojo = Tejido Rígido, Verde y Amarillo = Tejido Intermedio, Azul = Tejido Suave

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Estudiaremos 15 pacientes tratados quirúrgicamente con técnica abierta y 15 pacientes tratados quirúrgicamente con técnica mínima invasiva, el tendón intervenido así como el contralateral, siendo esto decidido en base al cálculo de la potencia estadística.

VARIABLES

Las variables dependientes de este estudio son: 1) Fuerza isocinética del tendón de Aquiles, la cual será medida en metros/newton por medio de un dinamómetro Biodex®, 2) Calidad elastosonográfica, la cual será evaluada por un ultrasonido Siemens® Acuson Antares y analizada por el software *ImageJ* convirtiendo imágenes en escala cromática (píxeles) en datos objetivos y cuantificables. Por su parte dentro de las variables independientes tenemos: 1) Edad, la cual será representada en años, 2) Género, el cual es un dato binario representado como femenino o masculino, 3) Lado afectado, el cual es el lado del tendón de Aquiles que sufrió la ruptura. Las anteriores variables serán obtenidas de su expediente electrónico.

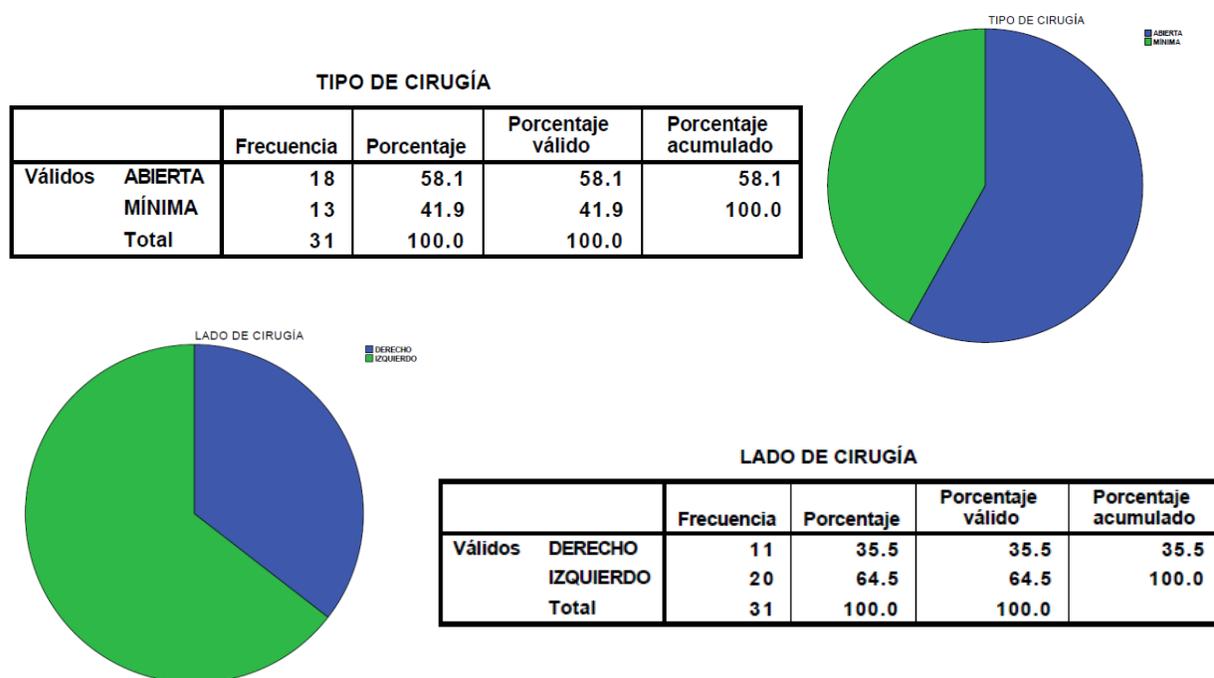
ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables demográficas cuantitativas se describirán con promedio y desviaciones estándar, mientras que las variables cualitativas se describirán con porcentajes. Posteriormente las variables serán sometidas a un análisis con U de

Mann-Whitney para investigar la distribución normal o no de las variables. Una vez hecho esto, se hará comparación con prueba t de Student para grupos relacionados en caso de tener una distribución normal o con la prueba de Wilcoxon en caso de no tener una distribución normal.

RESULTADOS

Se estudiaron un total de 31 pacientes, 18 intervenidos con técnica abierta (58%) y 13 intervenidos por mínima invasiva (41%); operados en el Instituto Nacional de Rehabilitación “LGI” en el periodo comprendido entre 2015 y 2017; con una edad promedio de 40 años (mínimo 27 – máximo 57 años); con una lateralidad del lado intervenido 11 de lado derecho (35%) y 20 de lado izquierdo (64%).



Se obtuvieron calificaciones de la Escala ATRS, un promedio de 15.94 para la cirugía abierta y 9.46 para la mínima invasiva, resultados que al realizarse el correspondiente análisis estadística con la U de Mann-Whitney nos da un valor de 76.5 en comparación con 167.5 con la W de Wilcoxon.

Estadísticos de contraste^a

	CALIF.DEL ATRS
U de Mann-Whitney	76.500
W de Wilcoxon	167.500
Z	-1.624
Sig. asintót. (bilateral)	.104
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	.106 ^b

Con respecto a la ultrasonografía, encontramos en modo B un predominio de Tendinopatía con 13 casos (72%) en la técnica abierta y 11 (84%) en la mínima invasiva. De igual forma se les realizó ultrasonido Doppler, no presentando en ninguno de los casos datos de hipervascularidad. En el caso de la elastosonografía se encontró un predominio una media mayor de rigidez en los casos intervenidos con técnica abierta y de igual manera fuerza con una menor asimetría entre el lado sano y el intervenido por técnica abierta en comparación con la mínima invasiva.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

TIPO DE CIRUGÍA		N	Rango promedio	Suma de rangos
RED OPERADO ELASTO (DURO)	ABIERTA	18	19.17	345.00
	MÍNIMA	12	10.00	120.00
	Total	30		
BLUE OPERADO ELASTO (SUAVE)	ABIERTA	18	13.39	241.00
	MÍNIMA	12	18.67	224.00
	Total	30		

Estadísticos de contraste^a

	RED OPERADO ELASTO (DURO)	BLUE OPERADO ELASTO (SUAVE)
U de Mann-Whitney	42.000	70.000
W de Wilcoxon	120.000	241.000
Z	-2.794	-1.609
Sig. asintót. (bilateral)	.005	.108
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	.004 ^b	.113 ^b

Rangos

TIPO DE CIRUGÍA		N	Rango promedio	Suma de rangos
PLANTIFLEXORES OPERADO	ABIERTA	16	13.88	222.00
	MÍNIMA	13	16.38	213.00
	Total	29		
PLANTIFLEXORES SANO	ABIERTA	16	14.44	231.00
	MÍNIMA	13	15.69	204.00
	Total	29		
PLANTIFLEXORES ASIMETRÍA	ABIERTA	16	16.56	265.00
	MÍNIMA	13	13.08	170.00
	Total	29		
DORSIFLEXORES OPERADO	ABIERTA	16	16.38	262.00
	MÍNIMA	13	13.31	173.00
	Total	29		
DORSIFLEXORES SANO	ABIERTA	16	13.69	219.00
	MÍNIMA	13	16.62	216.00
	Total	29		
DORSIFLEXORES ASIMETRÍA	ABIERTA	16	13.81	221.00
	MÍNIMA	13	16.46	214.00
	Total	29		

	PLANTIFLEXO RES OPERADO	PLANTIFLEXO RES SANO	PLANTIFLEXO RES ASIMETRÍA	DORSIFLEXO RES OPERADO	DORSIFLEXO RES SANO	DORSIFLEXO RES ASIMETRÍA
U de Mann-Whitney	86.000	95.000	79.000	82.000	83.000	85.000
W de Wilcoxon	222.000	231.000	170.000	173.000	219.000	221.000
Z	-.789	-.395	-1.096	-.965	-.921	-.833
Sig. asintót. (bilateral)	.430	.693	.273	.335	.357	.405
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	.449 ^b	.714 ^b	.288 ^b	.351 ^b	.374 ^b	.423 ^b

DISCUSIÓN

Similar a lo encontrado en otros estudios, por medio de ultrasonografía encontramos que el tendón intervenido presenta cambios evidentes desde el modo B, con aumento del grosor del tendón y con disminución de la fibrilaridad, con un patrón relativamente heterogéneo; lo anterior acompañado de rigidez en la elastosonografía^{50-53, 57-60}, de predominio en los sujetos intervenidos por técnica mínima invasiva en nuestro estudio.

Con respecto a los resultados de la Escala ATRS, nuestros resultados fueron similares a los encontrados en otros estudios^{50,56}, donde se encontró como hay una correlación inversa entre el grado de rigidez y los buenos resultados funcionales según ésta escala. En nuestro estudio se presentó una media de calificación más alta en los sujetos intervenidos con técnica abierta.

Finalmente al evaluar a nuestros grupos con las pruebas isocinéticas, encontramos una menor asimetría entre el lado intervenido y el contralateral en el grupo de técnica abierta, lo cual es consistente con lo encontrado en los resultados de las imágenes ultrasonográficas y en la escala funcional ATRS.

Este estudio presenta algunas limitaciones, entre ellas: la utilización de una prueba elastosonográfica cualitativa, lo cual se compensó con el uso de un software que nos permitiera cuantificar las imágenes obtenidas para poder realizar el análisis estadístico. Además posibles sesgos de medición intraobservador, intentando subsanarse utilizando siempre como referencia la entesis del tendón de Aquiles. Por otro lado el pequeño número de pacientes y de un solo centro.

CONCLUSIÓN

Este estudio nos el valor de elastosonografía como prueba de imagen en la práctica clínica diaria, aportando información biomecánica de un tejido reparado para poder pronosticar su evolución y función. Lo anterior respaldado por la correlación de los resultados encontrados en la escala funcional ATRS y las pruebas isocinéticas.

Con respecto a la superioridad de una técnica quirúrgica de reparación del tendón de Aquiles sobre la otra, se encuentra una superioridad en los resultados para la

técnica abierta, sobre la técnica mínimamente invasiva, sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativas. Por lo anterior se recomiendan estudios prospectivos, aleatorizados y con una muestra mayor para validar nuestros hallazgos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lantto I, Heikkinen J, Flinkkilä T, Ohtonen P, Leppilahti J. **Epidemiology of Achilles tendon ruptures: Increasing incidence over a 33-year period.** Scand J Med Sci Sports. 2015 Feb;25(1):e133-8
2. Huttunen T, Kannus P, Rolf C, Felländer-Tsai L, Mattila V. **Acute Achilles Tendon Ruptures: Incidence of Injury and Surgery in Sweden Between 2001 and 2012.** Am J Sports Med. 2014 Oct;42(10):2419-23
3. Ganestam A, Kallemose T, Troelsen A, Barfod KW. **Increasing incidence of acute Achilles tendon ruptura and a noticeable decline in surgical treatment from 1994 to 2013. A nationwide registry study of 33,160 patients.** Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2016 Dec;24(12):3730-3737
4. Sheth U, Wasserstein D, Jenkinson R, Moineddin R, Kreder H, Jaglal B. **The epidemiology and trends in management of acute Achilles tendon ruptures in Ontario, Canada: a population-based study of 27 607 patients.** Bone Joint J. 2017 Jan;99-B(1):78-86
5. Agres A, Duda G, Gehlen T, Arampatzis A, Taylor W, Manegold S. **Increased unilateral tendon stiffness and its effect on gait 2–6 years after Achilles tendon rupture.** Scand J Med Sci Sports. 2015 Dec;25(6):860-7
6. Soroceanu A, Sidhwa F, Aarabi S, Kaufman A, Glazebrook M. **Surgical Versus Nonsurgical Treatment of Acute Achilles Tendon Rupture: A Meta-Analysis of Randomized Trials.** J Bone Joint Surg Am. 2012 Dec 5;94(23):2136-43
7. Bergkvist D, Aström I, Josefsson P, Dahlberg L. **Acute Achilles Tendon Rupture: A Questionnaire Follow-up of 487 Patients.** J Bone Joint Surg Am. 2012 Jul 3;94(13):1229-33
8. Mattila V, Huttunen T, Haapasalo H. **Declining incidence of surgery for Achilles tendon rupture follows publication of major RCTs: evidence-influenced change evident using the Finnish registry study.** Br J Sports Med. 2015 Aug;49(16):1084-6
9. Zhang H, Tang H, He Q, Wei Q, Tong D, Wang C, Wu D, Wang G, Zhang X, Ding W, Li D, Ding C, Liu K, Ji F. **Surgical Versus Conservative Intervention for Acute Achilles Tendon Rupture: A PRISMA-Compliant Systematic Review of Overlapping Meta-Analyses.** Medicine (Baltimore). 2015 Nov;94(45):e1951

10. Silbernagel K, Brorsson A, Olsson N, Eriksson B, Karlsson J, Nilsson-Helander K. **Sex Differences in Outcome After an Acute Achilles Tendon Rupture.** Orthop J Sports Med. 2015 May 29;3(6):2325967115586768
11. Vallone G, Vittorio T. **Complete Achilles tendon rupture after local infiltration of corticosteroids in the treatment of deep retrocalcaneal bursitis.** J Ultrasound. 2014 Jan 29;17(2):165-7
12. Hsu A, Jones C, Cohen B, Davis W, Ellington J, Anderson R. **Clinical Outcomes and Complications of Percutaneous Achilles Repair System Versus Open Technique for Acute Achilles Tendon Ruptures.** Foot Ankle Int. 2015 Nov;36(11):1279-86
13. Parka Y, Jeonga S, Choib G, Kima H. **How early must an acute Achilles tendon rupture be repaired?.** Injury. 2017 Mar;48(3):776-780
14. Carmont M., Silbernagel K., Edge A., Mei-Dan O., Karlsson J., Maffulli N. **Improvements in Achilles Tendon Total Rupture Score During the First Year.** Injury. 2017 Mar;48(3):776-780
15. Henríquez H, Muñoz R, Carcuro G, Bastías C. **Is Percutaneous Repair Better Than Open Repair in Acute Achilles Tendon Rupture?.** Clin Orthop Relat Res. 2012 Apr;470(4):998-1003
16. Yang B, Liu Y, Kan S, Zhang D, Xu H, Liu F, Ning G, Feng S. **Outcomes and complications of percutaneous versus open repair of acute Achilles tendon rupture: A meta-analysis.** Int J Surg. 2017 Apr;40:178-186
17. Chang T, **Técnicas en cirugía ortopédica de Pie y Tobillo**, 1era Ed. Edit Marbán, España 2006
18. Bueno A, Del Cura J. **Ecografía Musculoesquelética Esencial.** 1era Ed. Editorial Panamericana, Madrid 2011.
19. Barceló P, Iriarte I. **Ecografía Musculoesquelética: Atlas Ilustrado.** 1era Ed. Editorial Panamericana, Madrid 2015.
20. Margetic P, Miklic D, Rakic-Ersek V, Doko Z, Lubina Z, Brkljacic B. **Comparison of Ultrasonographic and Intraoperative Findings in Achilles Tendon Rupture.** Coll Antropol. 2007 Mar;31(1):279-84
21. Griffin M, Olson K, Heckmann N, Charlton T. **Realtime Achilles Ultrasound Thompson (RAUT) Test for the Evaluation and Diagnosis of Acute Achilles Tendon Ruptures.** Foot Ankle Int. 2017 Jan;38(1):36-40
22. Li Q, Wang C, Huo T, Jia Z, Wang X. **Minimally invasive versus open surgery for acute Achilles tendon rupture: a systematic review of overlapping meta-analyses.** J Orthop Surg Res. 2016 Jun 6;11(1):65
23. Lara A, Parra G, Mellado M, Vilá J. **Roturas Agudas del tendón de Aquiles: Sutura Percutánea versus Sutura Abierta.** Revista del Pie y Tobillo 2012;26:23-8
24. Castrejón L, Arellano M, Morales M, Ventura L, Pineda C, Hernández C. **Elastografía como Método de Evaluación de la Biomecánica Muscular.** Rev. chil. reumatol. 2015;29(May):125–34

25. Guzmán F, Abellán D, Reus M. **La elastografía: una nueva aplicación de la ecografía. ¿Cuál es su utilidad clínica?**. Radiología. 2014;56(4):290-294
26. Gheonea I, Stoica Z, Bondari S. **Differential diagnosis of breast lesions using ultrasound elastography**. Indian J Radiol Imaging. 2011 Oct-Dec; 21(4): 301–305
27. Mansor M, Okasha H, Esmat S, Hashem A, Attia K, El-din Hussein H. **Role of ultrasound elastography in prediction of malignancy in thyroid nodules**. Endocr Res. 2012;37(2):67-77
28. Barr R, Memo R, Schaub C. **Shear wave ultrasound elastography of the prostate: initial results**. J Urol. 2013 Jan;189(1):229
29. Itokawa F, Itoi T, Sofuni A, Kurihara T, Tsuchiya T, Ishii K. **EUS elastography combined with the strain ratio of tissue elasticity for diagnosis of solid pancreatic masses**. J Gastroenterol. 2011 Jun;46(6):843-53
30. Pawluś A, Sokolowska-Dabek D, Szymańska K, Ingot M, Zaleska-Dorobisz U. **Ultrasound Elastography - Review of Techniques and Its Clinical Applications in Pediatrics - Part 1**. Adv Clin Exp Med. 2015 May-Jun;24(3):537-43
31. Ramírez M, Martínez C, Zaragoza I, Zamorano Y. **Elastografía cuantitativa por ultrasonido endoscópico en la estadificación ganglionar del cáncer de esófago**. Rev Gastroenterol Mex 2014;79(4):296-299
32. Andreo F, Centeno C, Sanz J, Barturen A, Hernández A, Ruiz J. **Experiencia inicial con elastografía en tiempo real mediante ecobroncoscopio en la evaluación de ganglios linfáticos mediastínicos**. Arch Bronconeumol. 2015 Feb;51(2):e8-11
33. Peláez M, Romero F. **Utilidad del ultrasonido endoscópico con elastografía en la evaluación y diferenciación de las lesiones pancreáticas**. Rev Gastroenterol Mex. 2014 Jan-Mar;79(1):62-4
34. Giannetti A, Biscontri M, Matergi M. **Feasibility of real-time strain elastography in colonic diseases**. J Ultrasound. 2014 Aug 2;17(4):321-30
35. Cannao P, Vinci V, Caviggioli F, Klinger M, Orlandi D, Sardanelli F, Serafini G, Sconfienza L. **Technical feasibility of real-time elastography to assess the peri-oral region in patients affected by systemic sclerosis**. J Ultrasound. 2014 Jul 29;17(4):265-9
36. Botar-Jid C, Damian L, Ducea S, Vasilescu D, Rednic S, Badea R. **The contribution of ultrasonography and sonoelastography in assessment of myositis**. Med Ultrason. 2010 Jun;12(2):120-6
37. Wu C, Chen W, Park G, Wang T, Lew H. **Musculoskeletal Sonoelastography: A Focused Review of its Diagnostic Applications for Evaluating Tendons and Fascia**. J Med Ultrasound. 2012;20:79–86
38. Ryu J, Jeong W. **Current status of musculoskeletal application of shear wave elastography**. Ultrasonography. 2017 Jul;36(3):185-197

39. Dorado C, Hermitte L, Ramaina A, Mesmanna C, Leforta T, Pialat J. **Ultrasound shear wave velocity in skeletal muscle: A reproducibility study.** *Diagn Interv Imaging.* 2016 Jan;97(1):71-9
40. Winn N, Lalam R, Cassar-Pullicino V. **Sonoelastography in the musculoskeletal system: Current role and future directions.** *World J Radiol.* 2016 Nov 28;8(11):868-879
41. Kim S, Park H, Lee S. **Usefulness of strain elastography of the musculoskeletal system.** *Ultrasonography.* 2016 Apr;35(2):104-9
42. Drakonaki E, Allen G, Wilson D. **Ultrasound elastography for musculoskeletal applications.** *Br J Radiol.* 2012 Nov;85(1019):1435-45
43. Paluch L, Nawrocka-Laskus E, Wieczorek J, Mruk B, Frel M, Walecki J. **Use of Ultrasound Elastography in the Assessment of the Musculoskeletal System.** *Pol J Radiol.* 2016; 81: 240–246.
44. Hou S, Merkle A, Babb J, McCabe R, Gyftopoulos S, Adler R. **Shear Wave Ultrasound Elastographic Evaluation of the Rotator Cuff Tendon.** *J Ultrasound Med.* 2017 Jan;36(1):95-106
45. Calvo C, Diez I, Martínez B, Fernández S, De la Cueva M, Garrosa G, Rodríguez D. **Tensiomyography, sonoelastography, and mechanosensitivity differences between active, latent, and control low back myofascial trigger points.** *Medicine (Baltimore).* 2017 Mar;96(10):e6287
46. Hatta T, Yamamoto N, Sano H, Itoi E. **In Vivo Measurement of Rotator Cuff Tendon Strain With Ultrasound Elastography: An Investigation Using a Porcine Model.** *J Ultrasound Med.* 2014 Sep;33(9):1641-6
47. Hahn S, Lee Y, Lee S, Suh J. **Value of the Strain Ratio on Ultrasonic Elastography for Differentiation of Benign and Malignant Soft Tissue Tumors.** *J Ultrasound Med.* 2017 Jan;36(1):121-127
48. Pass B, Jafari M, Rowbotham E, Hensor E, Gupta H, Robinson P. **Do quantitative and qualitative shear wave elastography have a role in evaluating musculoskeletal soft tissue masses?.** *Eur Radiol.* 2017 Feb;27(2):723-731
49. Gitto S, Draghi A, Bortolotto C, Draghi F. **Sonography of the Achilles Tendon After Complete Rupture Repair: What the Radiologist Should Know.** *J Ultrasound Med.* 2016 Dec;35(12):2529-2536
50. Tan S, Kudaş S, Özcan AS, İpek A, Karaoğlanoğlu M, Arslan H, Bozkurt M. **Real-time sonoelastography of the Achilles tendon : pattern description in healthy subjects and patients with surgically repaired complete ruptures.** *Skeletal Radiol.* 2012; 41:1067–1072
51. Busilacchi A, Olivieri M, Ulisse S, Gesuita R, Skrami E, Lording T, Fusini F, Gigante A. **Real-time sonoelastography as novel follow-up method in Achilles tendon surgery.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 Jul;24(7):2124-32

52. Yamamoto Y, Yamaguchi S, Sasho T, Fukawa T, Akatsu Y, Nagashima K, Takahashi K. **Quantitative Ultrasound Elastography With an Acoustic Coupler for Achilles Tendon Elasticity.** J Ultrasound Med 2016; 35:e111–e118
53. Ahn K, Lee N, Kang C, Lee Y, Jeon H. **Serial Changes of Tendon Histomorphology and Strain Elastography After Induced Achilles Tendinopathy in Rabbits.** J Ultrasound Med 2017; 36:767–774
54. Zhang L, Wan W, Wang Y, Jiao Z, Zhang L, Luo Y, Tang P. **Evaluation of Elastic Stiffness in Healing Achilles Tendon After Surgical Repair of a Tendon Rupture Using In Vivo Ultrasound Shear Wave Elastography.** Med Sci Monit. 2016 Apr 9;22:1186-91
55. Frankewycz B, Penz A, Weber J, da Silva N, Freimoser F, Bell R. et al. **Achilles tendon elastic properties remain decreased in long term after rupture.** Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018;26: 2080
56. Karatekin Y, Karaismailoglu B, Kaynak G, Ogut T, Dikici A, Ure Esmerer E. et al. **Does elasticity of Achilles tendon change after suture applications? Evaluation of repair area by acoustic radiation force impulse elastography.** J Orthop Surg Res. 2018 Mar 2;13(1):45.
57. Haen TX, Roux A, Labruyere C, Vergari C, Rouch P, Gagey O, et al. **Shear wear elastography of the human Achilles tendon : a cadaveric study of factors influencing the repeatability factors influencing the repeatability.** Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering 2015;18:sup1, 1954-1955
58. Slane LC, Martin J, Dewall R, Thelen D, Lee K. **Quantitative ultrasound mapping of regional variations in shear wave speeds of the aging Achilles tendon.** Eur Radiol 2017 Feb;27(2):474-482
59. Payne C, Webborn N, Watt P, Cercignani M. **Poor reproducibility of compression elastography in the Achilles tendon : same day and consecutive day measurements.** Skeletal Radiol. 2017 Jul;46(7):889-895
60. Prado-costa R, Rebelo J, Monteiro-barroso J, Preto AS. **Ultrasound elastography : compression elastography and shear-wave elastography in the assessment of tendon injury.** Insights Imaging. 2018 Oct;9(5):791-814.
61. Nilsson-Helander K, Thomee R, Silbernagel K, Thomee P, Faxen E, Eriksson B, Karlsson J. **The Achilles tendón Total rupture score (ATRS): development and validation.** Am J Sports Med. 2007 Mar;35(3):421-6
62. Yahia A, Ghroubi S, Mhiri C, Elleuch MH. **Relationship between muscular strength, gait and postural parameters in multiple sclerosis.** Ann Phys Rehabil Med. 2011 May;54(3):144-55
63. Shields C, Kerlan R, Jobe F, Carter B, Lombardo S. **The Cybex II evaluation of surgically repaired Achilles tendon ruptures.** Am J Sports Med. 1978 Nov-Dec;6(6):369-72

ANEXOS

Anexo 1. Escala de ATRS

NOMBRE: _____ FECHA: _____

REGISTRO: _____

ATRS (Achilles Tendon Total Rupture Score)

(ESCALA DE RUPTURA DE TENDON DE AQUILES)

Las preguntas a continuación se refieren a las limitaciones o dificultades relacionadas con la lesión del tendón de Aquiles.

Marque con una X el número que corresponda a su nivel de limitación.

1. ¿Que grado de limitación considera que tiene respecto a la disminución en la fuerza de la pantorrilla, tendón de Aquiles o pie?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. ¿Que grado de limitación cansancio o fatiga en la pantorrilla, tendón de Aquiles o pie?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. ¿Que grado de limitación debido a rigidez en la pantorrilla, tendón de Aquiles o pie?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. ¿Que grado de limitación debido a dolor de la pantorrilla, tendón de Aquiles o pie?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5. ¿Que grado de limitación presenta durante sus actividades de la vida diaria?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6. ¿Presenta dificultad al caminar en superficies irregulares?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7. ¿Presenta dificultad al subir rápido escaleras o pendientes?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

8. ¿Presenta dificultad al correr?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

9. ¿Presenta dificultad al saltar?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

10. ¿Presenta dificultad al realizar actividad física rigurosa?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Total: _____