



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL ESCUELA DR. ROBERTO CALDERÓN GUTIÉRREZ.



Tesis para Optar al Título de Especialista en Radiología

**Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018.**

**Autora**

Dra. María Cristina Breck Hernández

**Tutora**

Dra. Jaqueline Luceyla Carcache Mendoza  
Especialista en Radiología

Febrero 2019

## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mí adorada madre, porque ella siempre estuvo a mi lado apoyándome y aconsejándome para hacer de mí una mejor persona.

A mi preciosa abuelita, la que, con sus pequeños detalles, marcó toda mi vida.

A mis tíos y tías los que estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas, brindándome su amor incondicional y haciéndome sentir como una hija más.

A mis maestros, compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos tres años estuvieron a mi lado apoyándome para que este sueño se hiciera realidad.

*María Cristina Breck Hernández*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme culminar un logro más en mi vida.

A mi familia, en especial a mi madre, quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

A mis maestros, en especial a Dra. Karina Nororis, Dra. Johana Camacho, Dra. Auxiliadora Hernández y Dr. Jorge Chamorro, a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias por su paciencia y enseñanza.

Un eterno agradecimiento a mi tutora Dra. Jaqueline Luceyla Carcache Mendoza, por su dedicación, tiempo y paciencia para la realización de este proyecto el cual no hubiese sido posible sin su apoyo.

A mis compañeros de residencia, porque juntos aprendimos el significado de tolerancia, camaradería y salimos adelante apoyándonos en todas las dificultades.

## OPINION DEL TUTOR

Dentro de las amplias utilidades del ultrasonido se encuentra la elastografía o sonoelastografía (SE): una técnica de imagen introducida apenas hace poco más de una década, basada en la premisa de que hay una diferencia en la elasticidad del tejido sano comparado con el tejido patológico y esta diferencia podría ser medida en base a la tensión aplicada al tejido.

Aunque inicialmente se usó para identificar tejido neoplásico en mama al considerarlo más rígido que el tejido benigno, con el tiempo ha demostrado ser una herramienta útil para determinar de manera no invasiva la actividad musculoesquelética, siendo aplicada en la evaluación de lesiones musculares traumáticas, síndromes miofasciales dolorosos, engrosamiento cutáneo en esclerodermia, tendinopatías, epicondilitis lateral, quistes sinoviales y gangliones.

Esta tesis representa una evidencia de la utilidad de la elastografía como herramienta complementaria a la ecografía convencional en la evaluación de la tendinopatía rotuliana, demostrando que existe una alta correlación entre la presencia de tendinosis y el grado de rigidez/elasticidad evaluada.

Espero este trabajo sea de gran valía en la investigación de la biomecánica musculoesquelética, permitiendo mejorar el abordaje diagnóstico y terapéutico de dichas lesiones, así como el pronóstico de las mismas.

Por otro lado, sirva de motivación a la comunidad científica y académica a seguir profundizando en la temática.

*Dra. Jacqueline Luceyla Carcache Mendoza*  
*Especialista en Radiología*

## RESUMEN

Con el propósito de evaluar la utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018, se compararon pacientes con síntomas de lesión en rodilla (n=25) y pacientes asintomáticos (n=15)

De forma general se observó que el desempeño diagnóstico de la sonoelastografía por compresión en tiempo real, a través del uso de una escala elastográfica (ASTERIA), en combinación con la ecografía en modo B, para predecir y determinar grado de dureza y presencia de lesión tendinosa patelar en los pacientes en estudio, fue adecuado. La sensibilidad fue superior al 80% y su especificidad superior al 90%.

La capacidad confirmatoria de presencia de lesión tendinosa patelar, con respecto a la sintomatología de los pacientes y examen físico dirigido, fue excelente presentado una capacidad superior al 90% para detectar verdaderos casos de lesión. Todos los valores predictivos fueron altos. Por otro lado, se observó de forma adicional una correlación significativa entre los hallazgos por ecografía convencional en escala de grises con los resultados elastográficos, en los pacientes en estudio.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>7</b>
	2.2 ESTUDIO EN NICARAGUA.....	8
<b>3</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
	5.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
	5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>6</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
	6.1 ELASTOGRAFÍA .....	15
	6.1.1 <i>Generalidades</i> .....	15
	6.1.2 <i>Aplicaciones</i> .....	16
	6.1.3 <i>Limitaciones actuales</i> .....	16
	6.1.4 <i>Modalidades de elastografía</i> .....	17
	6.2 EVALUACIÓN ELASTOGRÁFICA DE LAS TENDINOPATÍAS .....	22
<b>7</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>25</b>
	7.1 TIPO DE ESTUDIO .....	25
	7.2 ÁREA Y PERIODO DE ESTUDIO.....	25
	7.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO (POBLACIÓN FUENTE).....	25
	7.4 MUESTRA .....	25
	7.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	26
	7.5.1 <i>Criterios de inclusión</i> .....	26
	7.5.2 <i>Criterios de exclusión</i> .....	26

7.6	TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN.....	26
7.6.1	<i>Unidad de análisis.</i> .....	26
7.6.2	<i>Fuente de información.</i> .....	26
7.6.3	<i>Instrumento de recolección de la información</i> .....	27
7.6.4	<i>Creación de la base de datos</i> .....	28
7.6.5	<i>Estadística descriptiva</i> .....	28
7.6.6	<i>Exploración de la asociación entre variables</i> .....	28
7.7	CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	30
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>36</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>38</b>
12.1	FICHA DE RECOLECCIÓN.....	38
12.2	CUADROS Y GRÁFICOS .....	40

# 1 INTRODUCCIÓN

Las técnicas de imagen basadas en elastografía combinada con la ecografía en modo B, usadas desde hace aproximadamente 20 años, han recibido una atención considerable en los últimos años para la evaluación no invasiva de las propiedades mecánicas tisulares (Dewall, 2013). Estas técnicas aprovechan las alteraciones de la elasticidad de los tejidos blandos en diversas patologías para proporcionar información cualitativa y cuantitativa que puede utilizarse con fines de diagnóstico en múltiples situaciones clínicas (estudio del riesgo de malignidad de nódulos en diversos órganos, lesiones crónicas de hígado, lesiones musculo esqueléticas y cardiovasculares, entre otras) (Barr, 2014; Dewall, 2013; Garra, 2015).

En los hospitales nicaragüenses es muy frecuente la realización de ecografía convencional en el estudio de patologías musculoesqueléticas. Sin embargo, no hay estudios disponibles a nivel nacional sobre su aplicación en lesiones tendinosas de la rodilla.

La tendinopatía se define como una lesión por sobreuso histológicamente caracterizada por la proliferación de tenocitos, desorganización de la fibra de colágeno, aumento de la matriz no colagénica, acumulación de líquido entre las fibras, proliferación capilar y calcificación, que pueden inducir modificaciones de las propiedades viscoelásticas del tendón y, en consecuencia, sea notable por ultrasonido. El diagnóstico temprano de las tendinopatías es crucial para implementar medidas conservadoras para evitar una lesión tendinosa severa o incluso la ruptura. Las modificaciones en la elasticidad del tejido pueden ser detectadas tempranamente por el uso, incluso antes de que haya anomalías visibles en la ecografía con modo B convencional

En este contexto, el propósito del presente estudio fue evaluar la utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018.

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 Estudios internacionales

Yen-Huai Lin y colaboradores publicaron en el 2015, los resultados de un estudio que tuvo por objetivo evaluar la dureza del área calcificada dentro del manguito de los rotadores mediante elastografía como una ayuda para la selección de aspiración o punción repetida con aguja fina para el tratamiento de la tendinosis calcificante del manguito de los rotadores (Lin et al., 2015).

Este estudio prospectivo incluyó a 39 pacientes (32 varones y 7 mujeres), con una edad media de 52,9 años, en quienes se realizó elastografía y ecografía en escala de grises antes del tratamiento guiado por ultrasonido para la tendinosis calcificante del manguito de los rotadores. La morfología de las calcificaciones se clasificó como arcos, fragmentadas, nodulares y quísticas. Se realizó la elastografía utilizando la técnica de imagen táctil virtual (impulso de fuerza de la radiación acústica) para examinar la región calcificada y obtener un elastograma que se clasificó como oscuro, intermedio o brillante. La dureza de las calcificaciones se registró y se clasificó como patrones táctiles duros, similares a la arena o fluidos durante el tratamiento guiado por ultrasonido y los patrones táctiles se compararon con los resultados de la elastografía y de la ecografía en escala de grises (Lin et al., 2015).

Aunque las morfologías de las calcificaciones se relacionaron significativamente con el patrón táctil de las punciones con aguja ( $p < 0,001$ ), los hallazgos de ultrasonido en escala de grises no pudieron demostrar con precisión la dureza de las calcificaciones. Con la ayuda de la elastografía, el patrón táctil similar a fluido podría predecirse bien como un patrón no oscuro por elastografía ( $p < 0,001$ ). Los autores concluyeron que la elastografía por ultrasonido es una modalidad útil para la evaluación de la tendinosis calcificante del manguito de los rotadores y como una ayuda para guiar el manejo. Si la elastografía muestra el área calcificada como un patrón no oscuro, entonces se debe realizar una aspiración con aguja fina (Lin et al., 2015).

Kocyigit y colaboradores publicaron en el 2016 otro estudio que tuvo por objetivo investigar la utilidad de la sonoelastografía en tiempo real (RTSE) en la evaluación del tendón supraespinoso en pacientes con síndrome de pinzamiento subacromial (SIS). Se investigaron veinticinco pacientes con dolor de hombro unilateral que fue diagnosticado como SIS de acuerdo con los hallazgos de resonancia magnética. Los hombros sanos de los pacientes comprendieron el grupo de control. Los exámenes RTSE de hombro bilateral fueron realizados por un radiólogo que estaba cegado al lado afectado de los participantes. Las imágenes RTSE fueron grabadas y evaluadas por 2 radiólogos individualmente 1 mes después. Se aplicaron los índices de hombro de la American Houlder and Elbow Surgery Society y el Quick Disabilities of Arm Shoulder and Hand Questionnaire, para evaluar la discapacidad y el estado funcional. Se investigó la correlación entre la relación de deformación y los puntajes funcionales (Kocyigit et al., 2016).

De los 25 participantes, 9 (36%) eran hombres y 16 (64%) eran mujeres. Los hallazgos de RTSE fueron patológicos en los tendones de 23 pacientes (92%) con SIS. La relación de deformación fue significativamente mayor en los hombros afectados ( $P < 0.001$ ). El grado de acuerdo interobservador (coeficiente de Kappa) fue bueno para el análisis de imágenes. No hubo una correlación significativa entre la relación de tensión y las puntuaciones funcionales. Los autores concluyeron que los cambios estructurales en el tendón supraespinoso se pueden demostrar con RTSE en pacientes con SIS (Kocyigit et al., 2016).

## **2.2 Estudio en Nicaragua**

Después de una búsqueda en las principales bases de datos en Nicaragua, se encontró un único estudio publicado por Carcache y colaboradores, en el que se exploraba, entre varios aspectos, la aplicación de la elastografía en la evaluación de desórdenes musculo-esqueléticos. Sus hallazgos se describen a continuación.

Carcache y colaboradores (2018), con el propósito de evaluar la elastografía en tiempo real como herramienta complementaria en el estudio de lesiones malignas y musculo-

esqueléticas, se llevó a cabo un estudio transversal analítico con pacientes atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, en quienes se realizó BAAF, ecografía convencional y elastografía para el estudio de malignidad de nódulos mamarios (n=18), pacientes con nódulos tiroideos (n=18) y pacientes con síntomas (n=12) y sin síntomas (n=10) asociados a lesiones tendinosas del manguito rotador. Se utilizaron dos escalas elastográficas, UENO y Asteria. Se evaluó la correlación entre el resultado de dichas escalas, los hallazgos por ecografía convencional y los diagnósticos definitivos en los casos en estudio. Entre los principales hallazgos se observó que existe una correlación significativa entre los resultados de la elastografía interpretados a la luz de la escala de Asteria y el resultado de la BAAF en el estudio de los nódulos mamarios. A mayor dureza mayor probabilidad de malignidad. La principal utilidad en el caso del estudio de los nódulos fue respecto a la capacidad para seleccionar pacientes en quienes no se debe realizar BAAF (prevención de BAAF innecesarias) y que deben ser manejados con seguimiento y pacientes en quienes se debe descartar malignidad (que requieren BAAF a pesar de que su categoría de riesgo basados en hallazgos de la ecografía convencional sugieran bajo riesgo de malignidad). En el caso del estudio de las lesiones tendinosas del manguito rotador se observó que existe una correlación negativa entre la dureza y la presencia de lesión. De forma adicional se realizó un modelo predictivo del impacto económico positivo de usar elastografía para prevenir BAAF innecesarias en el estudio de los nódulos. Se estimó que podrían ahorrarse del presupuesto hospitalario en promedio C\$ 700,000 aproximadamente, e incluso podría ahorrarse hasta un monto de C\$1, 300,000 en un año. Este resultado abre potenciales beneficios para el seguimiento utilizando a la ecografía como una herramienta de monitoreo para la curación y efectividad de los abordajes terapéuticos empleados. Un subproducto de esta tesis fue poder contar con un álbum de 16 imágenes típicas que orientan la evaluación de la elasticidad de los tejidos y la probable presencia de lesión.

### 3 JUSTIFICACIÓN

#### Relevancia teórica

A la fecha a nivel de la escuela de radiología, no se cuenta con un módulo de entrenamiento en elastografía por lo que se espera que con esta investigación se motive al diseño de dicho módulo como parte de la formación de médico radiólogo residente y de los médicos especialistas.

#### Relevancia social

Los métodos basados en ultrasonido son de particular interés debido a sus muchas ventajas inherentes, tales como la amplia disponibilidad de equipos de ultrasonido en las distintas unidades de salud y un costo relativamente bajo.

Ahora bien, a pesar de que los accesorios y los softwares necesarios para la aplicación de las técnicas elastográficas no estén disponibles en todas las unidades asistenciales debido a que requieren una inversión adicional al equipo convencional, el gasto es considerablemente menor al requerido para las aplicaciones de otras modalidades diagnósticas por imagen.

#### Relevancia práctica

Tanto los profesionales de la radiología como de otras especialidades clínicas contarán con información sobre el desempeño diagnóstico de una herramienta adicional a la ecografía convencional, para la cual ya se cuenta con los accesorios y los software requeridos, pero que a la fecha todavía no han sido incorporadas en la práctica clínica de nuestro hospital.

Contar con una herramienta que mejore la precisión diagnóstica con respecto a su problema de salud impactará positivamente tanto a nivel de su estado de salud física y emocional. Con respecto al impacto positivo en su salud física, se establecerán las

intervenciones más apropiadas y se disminuirá la exposición a procedimientos innecesarios y por ende a sus complicaciones asociadas. Con respecto al impacto positivo en su salud emocional, una de las situaciones más frecuentes en estos casos son los resultados falso positivos de las pruebas de imagen que someten al paciente a un estado de ansiedad crítico y de incertidumbre sobre su futuro, por lo tanto con la reducción de los falsos positivos se evitará que una proporción considerable de pacientes se vean sometidos a esta situaciones de estrés.

## 4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### Caracterización

La sonoelastografía en tiempo real en combinación con la ecografía en modo B es una técnica de imagen que evalúa propiedades mecánicas de los tejidos como su grado de dureza o elasticidad y por ende ha contribuido al estudio de la naturaleza de la lesión de los tejidos en múltiples escenarios clínicos que incluyen por ejemplo la presencia de lesiones crónicas degenerativas y lesiones agudas en músculos y tendones.

### Delimitación

Estudios previos realizados en esta unidad de salud sugieren una potencial utilidad de la elastografía en el estudio de las lesiones tendinosas.

### Formulación

En este contexto nos hacemos la siguiente pregunta de investigación.

**¿Cuál es la utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018?**

### Preguntas de sistematización

¿Cuál es el desempeño diagnóstico de la sonoelastografía por compresión en tiempo real, a través del uso de una escala elastográfica (ASTERIA), en combinación con la ecografía en modo B, para predecir determinar grado de dureza y presencia de lesión tendinosa patelar en los pacientes en estudio?

¿Cuál es la capacidad confirmatoria de presencia de lesión tendinosa patelar, con respecto a la sintomatología de los pacientes y examen físico dirigido?

¿Cuál es la correlación entre los hallazgos por ecografía convencional en escala de grises con los resultados elastográficos, en los pacientes en estudio?

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Evaluar la utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018.

### **5.2 Objetivos específicos**

1. Analizar el desempeño diagnóstico de la sonoelastografía por compresión en tiempo real, a través del uso de una escala elastográfica (ASTERIA), en combinación con la ecografía en modo B, para predecir y determinar grado de dureza y presencia de lesión tendinosa patelar en los pacientes en estudio.
2. Establecer la capacidad confirmatoria de presencia de lesión tendinosa patelar, con respecto a la sintomatología de los pacientes y examen físico dirigido.
3. Correlacionar los hallazgos por ecografía convencional en escala de grises con los resultados elastográficos, en los pacientes en estudio.

## 6 MARCO TEÓRICO

### 6.1 Elastografía

#### 6.1.1 Generalidades

La elastografía asociada a la ultrasonografía convencional es una nueva modalidad de imagen que permite reflejar, en tiempo real, la organización estructural de los tejidos, comparando la dureza de las lesiones con respecto al parénquima normal circundante. De este modo, el análisis de la elasticidad tisular aporta información que junto con los datos de la ultrasonografía convencional y el modo Doppler, puede ayudar en el diagnóstico ecográfico de malignidad (Dietrich et al., 2017; Garra, 2015; Sigrist, Liao, Kaffas, Chammas, & Willmann, 2017).

La elastografía fue inicialmente descrita por Ophir y perfeccionada después por Pesavento. Mediante esta técnica el tejido se comprime y la deformación tisular resultante se refleja en una imagen. Como modalidad diagnóstica, se ha utilizado en el estudio de diferentes órganos (hígado, mama, próstata, corazón, partes blandas y vasos sanguíneos), añadiendo información estructural a las propiedades morfológicas que nos muestra la ultrasonografía convencional. Cada tejido en el organismo tiene propiedades mecánicas que lo caracterizan y, en función de estas, se comporta de un modo u otro ante la compresión ejercida por el transductor, devolviendo al explorador una imagen particular (Garra, 2015).

Las técnicas elastográficas se basan en la hipótesis de que los tejidos sanos se deforman más que las lesiones, y que estas diferencias pueden ser cuantificadas y caracterizadas mediante imágenes. Los valores de elasticidad obtenidos en las diversas afecciones se encuentran en íntima relación con la matriz que conforma la enfermedad. De esta manera, podemos inferir que una lesión maligna presentará un valor de elasticidad menor que una lesión benigna o un tejido normal (Garra, 2015).

### 6.1.2 Aplicaciones

La elastografía se ha comparado a la palpación manual de los tejidos, utilizada por los médicos durante siglos para ayudar en el diagnóstico clínico. La palpación manual de nódulos rígidos e irregulares en algunos tejidos como la mama y la próstata son señales de malignidad. Por ejemplo, el carcinoma de mama escirro se percibe a la palpación como un nódulo extremadamente duro, mientras que en el hígado, la cirrosis es más rígida que el tejido normal del hígado sano. Sin embargo, la palpación manual se limita generalmente a las estructuras superficiales y depende en gran medida de la capacidad del médico que realiza el examen (Barr, 2014; Barr et al., 2015; Dewall, 2013).

Las posibilidades que ofrece no son nada despreciables ya que mediante la elastografía se pueden orientar las punciones y biopsias al foco rígido de un presunto tumor maligno, se puede detallar la extensión de un tumor mediante ultrasonido, e incluso podría plantearse la monitorización de la eficacia de un tratamiento entre otras indicaciones (Barr, 2014; Barr et al., 2015; Dewall, 2013).

Además de las imágenes cualitativas, la elastografía puede medir la velocidad a la que el ultrasonido atraviesa un tejido determinado o bien la presión en kPa que ejerce el ultrasonido sobre el tejido (mismo principio que el FibroScan®) en una región de interés (Barr, 2014; Barr et al., 2015; Dewall, 2013).

En general, cuanto menos elástico es un tejido, mayor velocidad o mayor presión obtenemos en esa región. Esta medida es una propiedad intrínseca y reproducible del tejido, lo que evitaría el problema «operador-dependiente» (Barr, 2014; Barr et al., 2015; Dewall, 2013).

### 6.1.3 Limitaciones actuales

En el momento actual, la elastografía tiene el inconveniente de ser una técnica que se está desarrollando y se está en el proceso de corroborar el funcionamiento y fiabilidad de la elastografía cuantitativa (Barr, 2014; Das, Gupta, Kaur, & Kalucha, 2011; Garra, 2015).

El segundo problema es su dependencia del operador en su versión cualitativa. Se están realizando estudios para ver a qué niveles influye la pericia del explorador en la ejecución y resultados de la técnica (Barr, 2014; Das et al., 2011; Garra, 2015).

Algunos autores han recomendado que para solventar estos problemas, es necesario crear «mapas elastográficos» del organismo para asignar valores de referencia a tejidos sanos y enfermos, de modo que la técnica quedase normalizada para asegurar el principio de reproducibilidad, es decir, que pueda ser llevada a cabo en la clínica diaria con los mismos valores, resultados e interpretaciones (Barr, 2014; Das et al., 2011; Garra, 2015).(Barr, 2014; Dewall, 2013; Shiina et al., 2015).

#### 6.1.4 Modalidades de elastografía

Existen dos tipos de sonoelastografía bien diferenciadas: la semicuantitativa (strain elastography) y la cuantitativa (shear-wave elastography) (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

La elastosonografía semicuantitativa 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) o una función fisiológica (respiración) y se adquiere otro mapa de la anatomía tisular (poscompresión o deformación). El desplazamiento del tejido deformado se calcula mediante la comparación de estos dos mapas anatómicos y se refleja en un mapa de colores (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

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. De esta manera, se crea un mapa tisular relativo al desplazamiento de las estructuras adyacentes. La ventaja de esta con respecto a la anterior es obvia: no hay necesidad de comprimir con el transductor, por lo que existe menos variabilidad intra e interobservador, es decir, mayor reproducibilidad. Dentro de la elastosonografía cuantitativa podemos distinguir 3 subgrupos de imágenes: la «cualitativa», que nos ofrece un mapa de colores de la lesión con respecto al tejido

adyacente, la «cuantitativa», que nos da un valor en kPa o m/s que nos proporciona valores numéricos acerca de la mayor o menor deformidad en una región de interés elegida por nosotros, y un último subgrupo que combina en una misma imagen las 2 anteriores, es decir, sobre un mapa cualitativo de colores podemos medir el valor de dureza del tejido en una región de interés (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

La elastografía tanto semi como cuantitativa presenta la gran ventaja de estar incorporada al sistema de un equipo de ecografía convencional (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

#### *6.1.4.1 Elastografía por compresión*

La elastografía a tiempo real (RTE, Real Time Elastography) también se conoce como elastografía por compresión (strain elastography). Fue la primera técnica de elastosonografía disponible, y en ella se realiza una compresión externa de los tejidos al presionar la piel con el transductor, obteniéndose una imagen (elastograma) en la que se diferencian los tejidos según su deformación con la compresión. Los tejidos más duros se deforman menos, y al contrario, los tejidos más blandos se deforman más con la compresión (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

El Módulo de Young o módulo de Elasticidad (E) es mayor cuanto más duro es el tejido. En la fórmula:  $E = \text{Compresión} / \text{Deformación}$ , se observa que E y Deformación son inversamente proporcionales, por lo que tras realizar una compresión, los tejidos con menor deformación (más rígidos) presentan mayor Módulo de Young. El elastograma es una representación cualitativa (no cuantitativa) de la elasticidad tisular relativa, resultado de la diferente deformación de los tejidos tras realizar una compresión (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

Los equipos de ultrasonido por lo general usan una escala color donde los tejidos más rígidos se observan en azul, mientras que los más blandos se representan en un rojo. Los tejidos con elasticidad intermedia se observan con tonos verdes y amarillentos. El elastograma aparece dentro de un ROI, cuyo tamaño se puede ajustar, y cuya imagen se puede superponer a la imagen en modo B, ambos en tiempo real. Es recomendado

reducir el tamaño del ROI y evitar incluir en el elastograma las carótidas, la tráquea, y el esófago, para evitar artefactos de movimiento, así como los huesos para evitar un tejido muy rígido dentro del elastograma. Se recomienda que el ROI englobe la totalidad del nódulo a estudio y suficiente parénquima circundante, algunos autores recomiendan 5 mm o más del parénquima adyacente al nódulo (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

Algunos equipos de ultrasonido disponen de un factor de calidad (FC), que proporciona información a tiempo real sobre el artefacto global de movimiento en la adquisición del elastograma. Su valor varía de 0 a 100, y se considera adecuado cuando se observa en varios elastogramas seguidos un valor superior a 60 (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

El ecógrafo mediante el cual se realizan estos estudios es una unidad convencional de ecografía con un módulo de elastografía y utiliza el mismo transductor para los estudios en modo B y elastografía. Habitualmente se evalúa la lesión en modo B y posteriormente se realiza el estudio elastográfico. La presión que hay que ejercer sobre el tejido es mínima (pequeños movimientos oscilatorios de la mano, como un yoyo), de unos 2 mm en la dirección vertical. En el ecógrafo existe un indicador de presión que no debe exceder los valores de 2-3. Si se ejerce más presión de la debida, se pierde la proporción lineal entre presión y tensión y se pueden producir falsos negativos (el tejido más duro muestra un falso desplazamiento). Es muy importante evitar los movimientos laterales o angulados; es éste uno de los aspectos técnicos que hay que aprender mejor para dominar la técnica (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

Los datos elastográficos se traducen a una escala de 256 colores (a cada pixel de la imagen elastográfica se le asigna uno de estos 256 colores) que se representa sobre la imagen en modo B. Los colores oscilan entre el rojo (corresponde a tejidos blandos, los que presentan el máximo grado de tensión o elasticidad) y el azul (corresponde a un tejido duro, con poca tensión o elasticidad), siendo el color verde indicador de una elasticidad media. El rectángulo de la región de interés (ROI región of interest) se coloca de modo semitransparente sobre la imagen en modo B, intentando que la lesión

a estudiar no ocupe más de un tercio del área total de la región de interés y que incluya el tejido celular subcutáneo y el musculo adyacente. Es habitual realizar medidas de los valores de elasticidad en planos ortogonales (axial y longitudinal) para alcanzar una mejor resolución espacial y capturar un posible desplazamiento lateral en las regiones más duras (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

En la pantalla del ecógrafo se pueden ver las dos imágenes simultáneamente (modo B y elastografía) y los cambios en la elasticidad se evalúan en tiempo real. La profundidad de las lesiones es un factor limitante para la elastosonografía. Se recomienda que las lesiones a estudiar sean superficiales (situadas a unos 2,5 - 3,5 cm de la piel). (Barr, 2014; Das et al., 2011; Dewall, 2013).

#### *6.1.4.2 Escalas elastográficas*

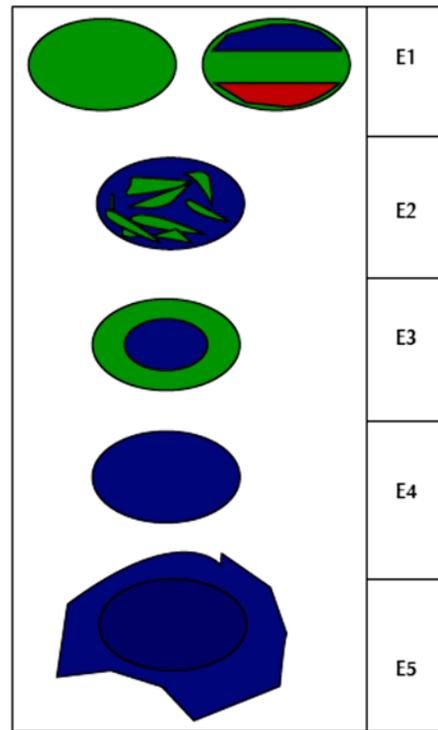
Para facilitar la interpretación se han propuestos diversas escalas, las escalas más frecuentemente reportadas y que son aplicables en el contexto de la presente tesis son la escala de UENO (Rago, Santini, Scutari, Pinchera, & Vitti, 2007; Ueno & Ito, 2004) y la escala de ASTERIA (Asteria et al., 2008; Moon et al., 2012), que se describen a continuación.

##### *6.1.4.2.1 Escala Elastográfica de UENO*

La escala de elasticidad más frecuentemente utilizada en la literatura es la de UENO, la cual se interpreta de la siguiente manera (Rago et al., 2007; Ueno & Ito, 2004):

- Una puntuación de 1 (E1): indica una tensión o elasticidad homogénea en toda la lesión, que se muestra homogéneamente de color verde. Una variante de este tipo es la imagen diagnóstica de los quistes: la imagen en tres capas: rojo, verde y azul.
- Una puntuación de 2 (E2): indica una lesión fundamentalmente elástica con algunas zonas de ausencia de elasticidad. La lesión muestra un patrón en mosaico verde y azul.

- Una puntuación de 3 (E3): indica elasticidad en la periferia de la lesión y ausencia de elasticidad en el centro, la periferia de la lesión se observa en color verde y el centro en azul).
- Una puntuación de 4 (E4): indica ausencia de elasticidad en toda la lesión, toda la lesión es de color azul.
- Una puntuación de 5 (E5): indica ausencia de elasticidad en toda la lesión y en el área circundante, el área de color azul es más grande que la propia lesión.



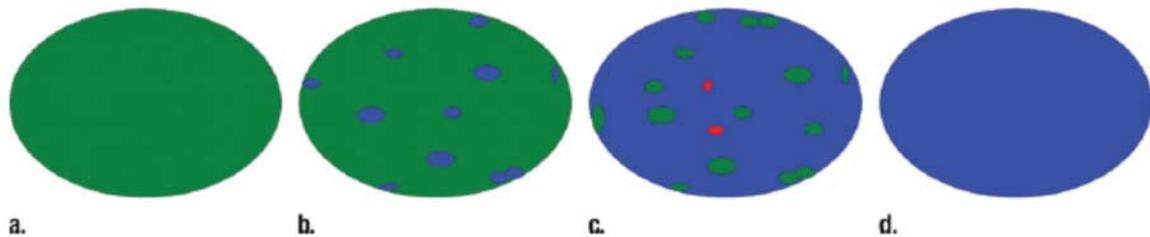
#### 6.1.4.2.2 Escala Elastográfica de Asteria

Los criterios Asteria de elastografía se originan a partir del trabajo publicado por Ito y colaboradores (2006) quien originalmente aplicó y propuso la escala en el estudio de las lesiones mamarias (Itoh et al., 2006).

A diferencia de la escala de UENO esta escala propone 4 puntajes, basado en el predominio de la elasticidad o la dureza en el área examinada. En la siguiente figura se describe la escala (Asteria et al., 2008; Moon et al., 2012).

Puntaje elastográfico de acuerdo a los Criterios Asteria:

- Un puntaje de 1: indica elasticidad en el área total examinada.
- Un puntaje de 2: indica elasticidad en gran parte del área examinada.
- Un puntaje de 3: indica rigidez (dureza) en gran parte del área examinada.
- Un puntaje de 4: indica dureza en toda el área examinada, un área de lesión sin elasticidad.



## 6.2 Evaluación elastográfica de las tendinopatías

La ecografía tiene cuatro funciones principales para definir el tipo de lesión y orientar el tratamiento: a) confirmar la existencia real de la lesión tendinosa, b) precisar la ubicación exacta de la misma, c) determinar la gravedad de la lesión y d) evaluar su carácter activo o de secuela.

- a) Confirmación de la existencia de la lesión: La ecografía nos permite descubrir muchas de las mal llamadas “falsas lesiones tendinosas”. Estas se encuentran cerca de un tendón, su sintomatología evoca su origen tendinoso, y el examen clínico no permite diferenciarlas de una verdadera lesión tendinosa. Esto dificulta la distinción entre, por ejemplo, la bursitis y los flemones subcutáneos y una verdadera lesión tendinosa adyacente. Lo mismo ocurre con los músculos supernumerarios, casi siempre confundidos con una lesión del tendón adyacente, y las lesiones del periostio, cuando su localización es próxima a la inserción de un tendón.
- b) Ubicación exacta de la lesión: Precisar la localización exacta de una lesión tendinosa resulta de capital importancia a la hora de determinar la orientación

terapéutica a seguir. Ante una tumefacción, en efecto, la primera cuestión que se plantea es: ¿de dónde proviene el engrosamiento del tendón, de él mismo o bien de su vaina? Esta distinción es fundamental, pues en la mayoría de los casos la lesión tendinosa no conlleva la inflamación de células, al contrario de lo que sucede en el caso de la envoltura sinovial. Incluso en el caso de alteraciones mecánicas, es igualmente importante diferenciar aquello que corresponde al cuerpo del tendón, propiamente dicho, de lo que afecta a la entesis, pues en uno u otro caso el tratamiento diferirá.

La elasticidad del tejido humano es un parámetro que indica la calidad o condición del tejido. La medición de la elasticidad también podría ser útil para evaluar la actividad del sistema músculo esquelético (DeJong et al., 2017; Domenichini, Pialat, Podda, & Aubry, 2017; Schmalzl, Fenwick, Boehm, & Gilbert, 2017).

La elastografía por ultrasonido (EUS) es un método basado en ultrasonido para la evaluación de las propiedades mecánicas del tejido. El método se introdujo inicialmente in vitro en los años 90 y luego se convirtió en una herramienta de imágenes para aplicaciones in vivo (DeJong et al., 2017; Domenichini et al., 2017; Schmalzl et al., 2017).

La elastografía de ultrasonido musculo esquelético (MSK) parece ser adecuada para medir la actividad muscular en entornos clínicos porque ofrece mediciones en tiempo real con pacientes en posturas menos restringidas y posiciones articulares (DeJong, 2017; Domenichini, 2017 ; Schmalzl, 2017).

La elastografía por compresión se basa en el principio de que el estrés aplicado al tejido causa cambios dentro del mismo, que dependen de las propiedades elásticas del tejido. Existen varios enfoques de elastografía, según el método para evaluar la elasticidad (DeJong, 2017; Domenichini, 2017; Schmalzl, 2017).

La elastografía por compresión es la técnica más común que se ha empleado principalmente en el campo de la oncología y cada día está adquiriendo mayor

popularidad en la evaluación del sistema musculo esquelético (DeJong, 2017; Domenichini, 2017; Schmalzl, 2017).

La enfermedad muscular y del tendón degenerativa y traumática produce cambios biomecánicos. Desde la disponibilidad comercial de la elastografía por compresión, ha habido un gran interés para posibles aplicaciones clínicas del método, como el diagnóstico precoz de la enfermedad muscular y del tendón, para guiar y controlar la terapia, para predecir el riesgo de lesión en los atletas y para evaluar el efecto de la fisioterapia o el entrenamiento en tejido musculo tendinoso sano y enfermo (DeJong, 2017; Domenichini, 2017; Schmalzl, 2017).

La mayor parte de la investigación clínica sobre aplicaciones musculo esqueléticas de la elastografía se centra en el tendón de Aquiles. Se ha encontrado que los tendones de Aquiles normales en voluntarios sanos pueden presentarse con dos apariencias EUS distintas: pueden ser estructuras homogéneamente duras o, en la mayoría de los casos (62%), pueden ser considerablemente no homogéneas con áreas blandas paralelas al eje largo del tendón (bandas o puntos longitudinales) (DeJong, 2017; Domenichini, 2017; Schmalzl, 2017).

Se ha encontrado que la EUS para el tendón de Aquiles tiene una alta precisión y una buena reproducibilidad. La correlación general entre los hallazgos US y EUS es excelente. En comparación con los hallazgos clínicos, la USE tiene una sensibilidad media del 93,7% y una especificidad del 99,2% y la reproducibilidad inter e intraobservador de la USE es buena a excelente, si la evaluación del elastograma del tendón de Aquiles se realiza cualitativamente y deficiente (variación 29-37%), si se emplean mediciones semicuantitativas (relación de deformación) de software. Es razonable pensar que se podrían obtener resultados similares al evaluar lesiones en otros tendones a la utilidad demostrada por la elastografía en la lesión del tendón de Aquiles (DeJong, 2017; Domenichini, 2017; Schmalzl, 2017).

Existen estudios que indican utilidad de la elastografía en el estudio de la epicondilitis lateral, tendinopatías rotuliana, y lesiones del manguito rotador, entre otros, sin embargo, todavía la información es limitada (DeJong, 2017; Domenichini, 2017; Schmalzl, 2017).

## **7 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **7.1 Tipo de estudio**

Un estudio observacional, analítico de corte transversal para evaluar la utilidad de la elastografía.

### **7.2 Área y periodo de estudio**

El estudio se llevó a cabo en el servicio de radiología del Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, con pacientes atendidos entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre del 2018.

### **7.3 Población de estudio (población fuente)**

Pacientes voluntarios con y sin síntomas de dolor en la región del tendón patelar.

### **7.4 Muestra**

Debido al tipo de estudio y a que el total de paciente durante el período de estudio es limitado, se decidió incluir a todos los casos que cumpliesen los criterios de selección y se le pudiese realizar elastografía hasta obtener una muestra que permitiese con una confianza del 90% y una precisión (margen de error) de 0.1 (10%), la cual correspondió a 15 y 15 pacientes respectivamente. Al final se incluyeron 40 pacientes en el estudio debido a que aceptaron participar 15 pacientes sin síntomas y 25 con síntomas, manteniendo el mismo poder del estudio.

Estos cálculos se realizaron la siguiente fórmula muestral para la determinación de sensibilidad y especificidad con el programa Samples Size Calculation 2.0.

$$n = \frac{\left( Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{1-p_1}{p_1} + \frac{1-p_2}{p_2}} \right)^2}{\left( \log(LR+) - \log \frac{p_1}{p_2} \right)^2}$$

## 7.5 Criterios de selección

### 7.5.1 Criterios de inclusión

- Paciente mayor de 18 años
- Que acepte participar voluntariamente
- Con y sin síntomas de dolor crónico o agudo de rodilla
- Que se le haya podido realizar la elastografía por compresión

### 7.5.2 Criterios de exclusión

- Antecedente de cirugía de rodilla

## 7.6 Técnicas y procedimientos para recolectar la información

### 7.6.1 Unidad de análisis.

La unidad de análisis corresponde al paciente caso de estudio.

### 7.6.2 Fuente de información.

Las fuentes de información fueron de tipo primaria y secundaria:

Primaria: Corresponde a medición directa en paciente caso de estudio (elastografía, ecografía e interrogatorio)

### 7.6.3 Instrumento de recolección de la información

#### 7.6.3.1 *Diseño del instrumento y validación*

Para la elaboración de la ficha se hizo una revisión de la literatura y se consultaron médicos con experiencia en el tema, se procedió a elaborar una ficha preliminar (piloto) y esta fue validada con 3 casos.

Una vez revisada y finalizada la ficha se procedió a la recolección de la información.

#### 7.6.3.2 *Composición del instrumento*

*Instrumento:* Evaluación del paciente

El instrumento está conformado de preguntas cerradas, distribuidas en las siguientes grandes secciones:

1. Características generales del paciente
2. Elastografía de los tendones de la rodilla

#### 7.6.3.3 *Elastografía*

Al momento de hacer el análisis de la rigidez o elasticidad del tejido en estudio (tendones) con el paciente en decúbito supino para la evaluación, se realizó la valoración elastográfica aplicando la técnica de elastografía mediante compresiones simétricas verticales de aproximadamente 2 mm, por un periodo aproximado de 5 a 7 segundos, mediante lo cual se valoró la estructura interna del tejido estudiado y el grado de deformidad del mismo.

El resultado se reflejó mediante imágenes, llamadas elastogramas o mapa de colores. Las zonas de color rojo y verde indicaron tejido elástico y las zonas de color azul indicaron tejido rígido.

Para determinar el grado de dureza y la naturaleza de la lesión del tejido el patrón de colores fue clasificado mediante una escala elastográfica ampliamente validada, la escala de ASTERIA.

Técnicas y procedimientos para procesar y analizar la información

#### 7.6.4 Creación de la base de datos

Basados en el instrumento de recolección se creó una platilla para captura de datos y cada ficha fue digitalizada en una base de datos creada en el programa SPSS 23 (IMB Statistic 2015)

#### 7.6.5 Estadística descriptiva

Las variables se describieron dependiendo de su naturaleza. Las variables cualitativas o categóricas son descritas en términos de frecuencias absolutas (número de casos) y frecuencias relativas (porcentajes). Los datos son ilustrados en forma de barras y pasteles. Las variables cuantitativas son descritas en términos de media, desviación estándar, mediana, y rango. Los datos son ilustrados en forma de histogramas, diagramas de dispersión y diagramas de cajas.

#### 7.6.6 Exploración de la asociación entre variables

Para evaluar la asociación entre dos variables cualitativas se aplicará la prueba de Chi Cuadrado o la prueba exacta de Fisher (según corresponda).

Para evaluar la asociación entre dos variables cuantitativas se usará la correlación de Pearson o de Spearman (según corresponda).

Para determinar diferencias entre los grupos con respecto a una variable cuantitativa se utilizará la prueba de T de Student o la prueba de Mann Whitney (según corresponda).

Se consideró que hubo un resultado significativo cuando el valor de p de cada prueba sea <0.05.

#### 7.6.6.1 Evaluación de las propiedades de la elastografía como prueba diagnóstica complementaria (Desempeño diagnóstico)

Como indicador de prueba diagnóstica complementaria se usó el score de elasticidad de los criterios de ASTERIA (Ver marco teórico).

##### *Parámetros de validez*

- a. Sensibilidad: Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, es decir, la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en la prueba un resultado positivo. La sensibilidad es, por lo tanto, la capacidad del test para detectar la enfermedad (Proporción de pacientes enfermos que obtuvieron un resultado positivo en la prueba diagnóstica):

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$$

La sensibilidad se conoce como “fracción de verdaderos positivos (FVP)”.

- b. Especificidad: Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo sano, es decir, la probabilidad de que para un sujeto sano se obtenga un resultado negativo (capacidad para detectar a los sanos)

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$

Se denomina “fracción de verdaderos negativos (FVN)”.

##### *La seguridad de una prueba diagnóstica (Valores predictivos)*

- a. Valor predictivo positivo: Es la probabilidad de padecer la enfermedad si se obtiene un resultado positivo en el test. El valor predictivo positivo puede estimarse, por tanto, a partir de la proporción de pacientes con un resultado positivo en la prueba que finalmente resultaron estar enfermos:

$$VPP = \frac{VP}{VP + FP}$$

- b. Valor predictivo negativo: Es la probabilidad de que un sujeto con un resultado negativo en la prueba esté realmente sano. Se estima dividiendo el número de verdaderos negativos entre el total de pacientes con un resultado negativo en la prueba:

$$VPN = \frac{VN}{FN + VN}$$

### **7.7 Consideraciones éticas**

Durante el diseño y ejecución del trabajo investigativo, así como durante el análisis de la información, se siguieron los principios y recomendaciones de la Declaración de Helsinki para el desarrollo de investigaciones biomédicas. Por otro lado se siguieron las recomendaciones éticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se contó con la autorización de las autoridades docentes del hospital y del servicio de radiología.

## 8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el propósito de evaluar la utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018, se compararon pacientes con síntomas de lesión en rodilla (n=25) y pacientes asintomáticos (n=15)

De forma general, se observó el desempeño diagnóstico de la sonoelastografía por compresión en tiempo real, a través del uso de una escala elastográfica (ASTERIA), en combinación con la ecografía en modo B, para predecir y determinar el grado de dureza y presencia de lesión tendinosa patelar en los pacientes en estudio, fue adecuado. La sensibilidad fue superior al 80% y su especificidad superior al 90%.

La capacidad confirmatoria de presencia de lesión tendinosa patelar, con respecto a la sintomatología de los pacientes y examen físico dirigido, fue excelente presentado una capacidad superior al 90% para detectar verdaderos casos de lesión. Todos los valores predictivos fueron altos. Por otro lado, se observó de forma adicional una correlación significativa entre los hallazgos por ecografía convencional en escala de grises con los resultados elastográficos, en los pacientes en estudio.

Diversos estudios han demostrado que el tejido sano y asintomático del tendón patelar es más consistente con el tejido más suave y elástico que los tendones patelares con alteración de tendinopatía.

Estos hallazgos pueden explicarse por el hecho de que el tendón patelar abarca dos puntos finales óseos, lo que aumenta la elasticidad inherente del tendón (es decir, la capacidad de volver a la longitud original después de la deformación).

En contraste, el tendón de Aquiles está directamente unido a estructuras compatibles (músculo), lo que puede resultar en una disminución de la elasticidad inherente del sistema musculo-tendón y su capacidad para volver a su forma original (es decir, un

tendón más rígido). Sin embargo, un par de estudios han demostrado lo contrario, encontrando cambios tendinopáticos en el tendón patelar más consistentes con un tejido más suave.

La discrepancia entre estos estudios puede explicarse por las diferencias espaciales en la rigidez dentro del tendón patelar, ya que la porción proximal ha demostrado ser significativamente más rígida que la porción distal.

Por las razones mencionadas anteriormente, la porción distal del tendón tiene un punto final menos compatible (tuberosidad tibial) que la unión proximal (tendón de la rótula y el cuádriceps), lo que puede resultar en un aumento de la elasticidad distal (es decir, un tendón más suave).

Se sabe que varios factores influyen en los hallazgos de la sonoelastografía para el tendón patelar, como el sexo, el índice de masa corporal (IMC) y la fuerza del cuádriceps. En un estudio de 67 individuos sanos y sedentarios, Tas y cols. Encontraron que la rigidez del tendón patelar es significativamente menor en mujeres y en individuos obesos ( $IMC > 25 \text{ kg} / \text{m}^2$ ). Los autores sugirieron que estos hallazgos pueden deberse a diferencias hormonales y metabólicas. Además, el estudio descubrió que el aumento de la fuerza del cuádriceps se correlacionaba significativamente con el tejido más rígido. Se han estudiado los valores normativos de SWE para los tendones sanos de Aquiles, patelar y RTC.

La sensibilidad diagnóstica y la especificidad de la elastografía para la tendinopatía patelar oscilan entre el 35,3% y el 76,5% y el 82,1% y 92,9%, respectivamente. Cuando se agrega a la combinación convencional de escala de grises se ha demostrado que la elastografía para el tendón patelar aumenta significativamente la sensibilidad de diagnóstico, pero no la especificidad.

En un estudio de 51 tendones patelares sintomáticos, Dirrichs et al demostraron un aumento en la sensibilidad del 71% al 100% cuando se añadió elastografía a la combinación de la escala de grises. Los mismos autores encontraron cambios patológicos en 13 tendones patelares sintomáticos con elastografía que no habían

demostrado ninguna anomalía notable con la combinación de escala de grises y Doppler.

La ventaja de la elastografía es que tiende a ser más fácil y disponible en sistemas móviles basados y el hardware puede ser compacto. La mayor limitación para elastografía es que la tecnología genera un resultado cualitativo sin generar un valor de rigidez real o cuantitativo. La ventaja más significativa de elastografía es que puede cuantificar la rigidez del tejido. La "tensión" es generada por un pulso en oposición a la presión humana, que permite la cuantificación de la rigidez del tejido.

Todo estudio clínico presenta limitaciones. En nuestro estudio, una de ellas es el número limitado de pacientes investigado. Debido a que la elastografía es una técnica novedosa en nuestro medio y que los accesorios requeridos no están disponibles en todos los equipos del hospital no fue posible ampliar la muestra, esto limita la inferencia estadística.

Por otro lado, la radióloga que realizó la evaluación conocía los hallazgos en modo B previamente a la valoración elastográfica, ya que la lesión era detectada y evaluada en primer lugar mediante ecografía convencional y posteriormente se realizaba la elastografía en tiempo real utilizando el mismo transductor.

Existen asimismo limitaciones relacionadas directamente con la técnica, claramente operador-dependiente. Es crucial mantener una ligera compresión, evitando los movimientos laterales o angulados, para obtener imágenes adecuadas. También es importante que exista suficiente tejido normal rodeando a la lesión para su correcta valoración. Y por supuesto, es necesaria una curva de aprendizaje.

## 9 CONCLUSIONES

1. El desempeño diagnóstico de la sonoelastografía por compresión en tiempo real, a través del uso de una escala elastográfica (ASTERIA), en combinación con la ecografía en modo B, para predecir y determinar grado de dureza y presencia de lesión tendinosa patelar en los pacientes en estudio, fue adecuado. La sensibilidad fue superior al 80% y su especificidad superior al 90%.
2. La capacidad confirmatoria de presencia de lesión tendinosa patelar, con respecto a la sintomatología de los pacientes y examen físico dirigido, fue excelente presentado una capacidad superior al 90% para detectar verdaderos casos de lesión. Todos los valores predictivos fueron altos.
3. Se observó de forma adicional una correlación significativa entre los hallazgos ecográficos por ecografía convencional en escala de grises con los resultados elastográficos, en los pacientes en estudio.

## 10 RECOMENDACIONES

- Recomendamos implementar la elastografía en tiempo real (por compresión) como herramienta complementaria a la ecografía en modo B, para el estudio las lesiones tendinosas de la rodilla.
- Recomendamos a los médicos ortopedistas solicitar la realización de una elastografía para poder llevar a cabo un mejor diagnóstico diferencial y explorar la utilidad de la elastografía con respecto al estudio de la respuesta del tejido al tratamiento y monitorear la evolución de la lesión.
- Recomendamos el diseño e implementación de un módulo especial de entrenamiento en elastografía.
- Por otro lado es de suma importancia que se diseñen y ejecuten investigaciones aplicadas que exploren la aplicación y utilidad de la elastografía en otras situaciones clínicas.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Asteria, C., Giovanardi, A., Pizzocaro, A., Cozzaglio, L., Morabito, A., Somalvico, F., & Zoppo, A. (2008). US-elastography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. *Thyroid*, 18(5), 523-531.
- Barr, R. G. (2014). Elastography in clinical practice. *Radiol Clin North Am*, 52(6), 1145-1162. doi:10.1016/j.rcl.2014.07.002
- Barr, R. G., Nakashima, K., Amy, D., Cosgrove, D., Farrokh, A., Schafer, F., . . . Kudo, M. (2015). WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 2: breast. *Ultrasound Med Biol*, 41(5), 1148-1160. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.008
- Das, D., Gupta, M., Kaur, H., & Kalucha, A. (2011). Elastography: the next step. *J Oral Sci*, 53(2), 137-141.
- DeJong, H. M., Abbott, S., Zelesco, M., Kennedy, B. F., Ziman, M. R., & Wood, F. M. (2017). The validity and reliability of using ultrasound elastography to measure cutaneous stiffness, a systematic review. *Int J Burns Trauma*, 7(7), 124-141.
- Dewall, R. J. (2013). Ultrasound elastography: principles, techniques, and clinical applications. *Crit Rev Biomed Eng*, 41(1), 1-19.
- Dietrich, C. F., Barr, R. G., Farrokh, A., Dighe, M., Hocke, M., Jenssen, C., . . . Havre, R. F. (2017). Strain Elastography - How To Do It? *Ultrasound Int Open*, 3(4), E137-e149. doi:10.1055/s-0043-119412
- Domenichini, R., Pialat, J. B., Podda, A., & Aubry, S. (2017). Ultrasound elastography in tendon pathology: state of the art. *Skeletal Radiol*, 46(12), 1643-1655. doi:10.1007/s00256-017-2726-2
- Garra, B. S. (2015). Elastography: history, principles, and technique comparison. *Abdom Imaging*, 40(4), 680-697. doi:10.1007/s00261-014-0305-8
- Itoh, A., Ueno, E., Tohno, E., Kamma, H., Takahashi, H., Shiina, T., . . . Matsumura, T. (2006). Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology*, 239(2), 341-350.
- Kocyigit, F., Kuyucu, E., Kocyigit, A., Herek, D. T., Savkin, R., & Aslan, U. B. (2016). Investigation of Biomechanical Characteristics of Intact Supraspinatus Tendons in Subacromial Impingement Syndrome: A Cross-sectional Study with Real-time Sonoelastography. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 95(8), 588-596.
- Lin, Y.-H., Chiou, H.-J., Wang, H.-K., Lai, Y.-C., Chou, Y.-H., & Chang, C.-Y. (2015). Management of rotator cuff calcific tendinosis guided by ultrasound elastography. *Journal of the Chinese Medical Association*, 78(10), 603-609.
- Moon, H. J., Sung, J. M., Kim, E.-K., Yoon, J. H., Youk, J. H., & Kwak, J. Y. (2012). Diagnostic performance of gray-scale US and elastography in solid thyroid nodules. *Radiology*, 262(3), 1002-1013.
- Rago, T., Santini, F., Scutari, M., Pinchera, A., & Vitti, P. (2007). Elastography: new developments in ultrasound for predicting malignancy in thyroid nodules. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 92(8), 2917-2922.

- Schmalzl, J., Fenwick, A., Boehm, D., & Gilbert, F. (2017). The application of ultrasound elastography in the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*, 26(12), 2236-2246. doi:10.1016/j.jse.2017.08.001
- Shiina, T., Nightingale, K. R., Palmeri, M. L., Hall, T. J., Bamber, J. C., Barr, R. G., . . . Kudo, M. (2015). WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. *Ultrasound Med Biol*, 41(5), 1126-1147. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.009
- Sigrist, R. M. S., Liao, J., Kaffas, A. E., Chammas, M. C., & Willmann, J. K. (2017). Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics*, 7(5), 1303-1329. doi:10.7150/thno.18650
- Ueno, E., & Ito, A. (2004). Diagnosis of breast cancer by elasticity imaging. *Eizo Joho Medical*, 36(12), 2-6.

## 12 ANEXOS

### 12.1 Ficha de recolección

#### A.- DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL CASO:

- Número de ficha:
- Nombre:

#### B.- DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS:

- **Edad:**
  - 20-29 años: \_\_\_\_.
  - 30-39 años: \_\_\_\_.
  - 40-49 años: \_\_\_\_.
  - 50 – más años: \_\_\_\_.
- **Etnia:**
  - Mestizo:
  - Afrodescendientes:
  - Indígena de la costa caribe:
  - Caucásico:
  - Otros:
- **Sexo:**
  - Masculino: \_\_\_\_.
  - Femenino: \_\_\_\_.
- **Procedencia:**
  - Urbano: \_\_\_\_.
  - Rural: \_\_\_\_.

#### C.- ANTECEDENTES PATOLÓGICOS:

- **Morbilidad general:**
  - Diabetes mellitus:
  - Hipertensión arterial:
  - Dislipidemia:
  - Insuficiencia venosa de miembros inferiores:
  - Artritis:
  - Otros (Especifique):
- **Morbilidad ortopédica:**
  - Lesión previa de ligamentos cruzados:
  - Cirugía previa de rodillas:
  - Trauma de rodillas antiguo:

## **PREGUNTAS UNICAMENTE PARA PACIENTES SINTOMATICOS.**

### **D.- MECANISMO Y MODO DE LESIÓN EN PACIENTES SINTÓMATICO**

- **Mecanismo de la lesión:**
  - Rotación: \_\_\_\_.
  - Hiperflexión: \_\_\_\_.
  - Fuerza lateral/medial opuesta: \_\_\_\_.
  - Trauma directo: \_\_\_\_.
  - Trauma indirecto: \_\_\_\_.
  - Lesión no deportiva (accidentes): \_\_\_\_.
  - Desconocido: \_\_\_\_.
- **Sintomatología referida:**
  - Dolor articular: \_\_\_\_.
  - Bloqueo articular: \_\_\_\_.
  - Inestabilidad articular: \_\_\_\_.
  - Edema: \_\_\_\_.
  - Crepitación: \_\_\_\_.

### **HALLAZGOS ECOGRAFICOS**

1. Ruptura parcial
2. Ruptura total
3. Luxación
4. Subluxación
5. Líquido peri tendón
6. Engrosamiento del tendón mayor de 2 mm en relación al contralateral
7. Tendón heterogéneo
8. Presencia de calcificaciones.

### **ELASTOGRAFÍA**

1. ASTERIA
-

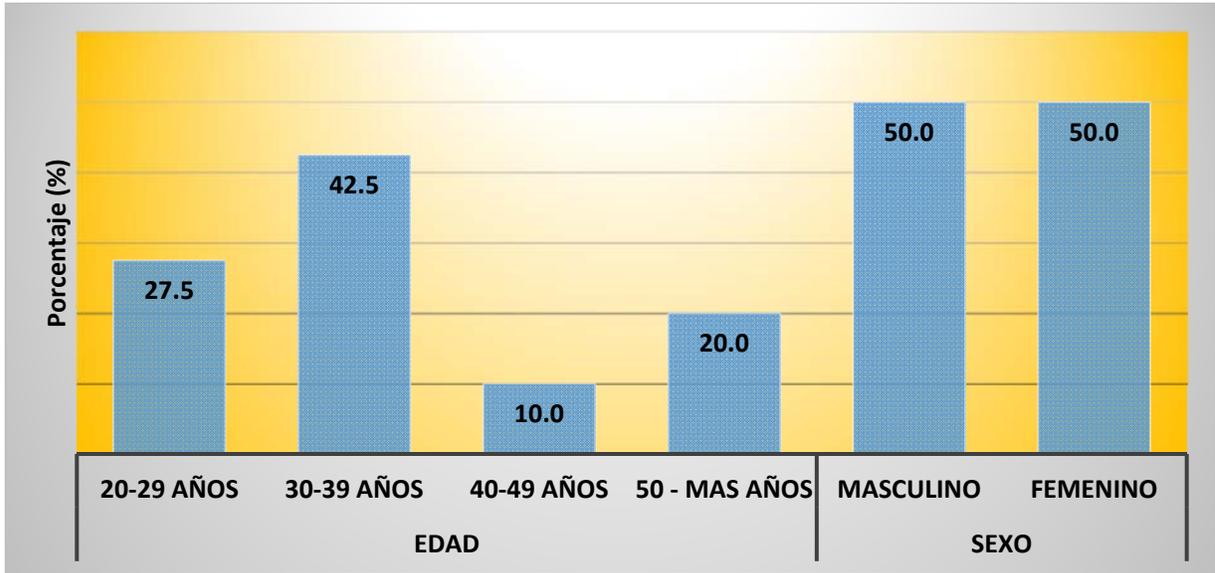
## 12.2 Cuadros y gráficos

Cuadro 1: Características sociodemográficas de los participantes en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”

		Frecuencia	Porcentaje
<b>EDAD</b>	20-29 AÑOS	11	27.5
	30-39 AÑOS	17	42.5
	40-49 AÑOS	4	10.0
	50 - MAS AÑOS	8	20.0
	Total	40	100.0
<b>ETNIA</b>	MESTIZO	40	100.0
<b>SEXO</b>	MASCULINO	20	50.0
	FEMENINO	20	50.0
	Total	40	100.0
<b>PROCEDENCIA</b>	URBANO	40	100.0

Fuente: Expediente clínico

Cuadro 1: Características sociodemográficas de los participantes en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”



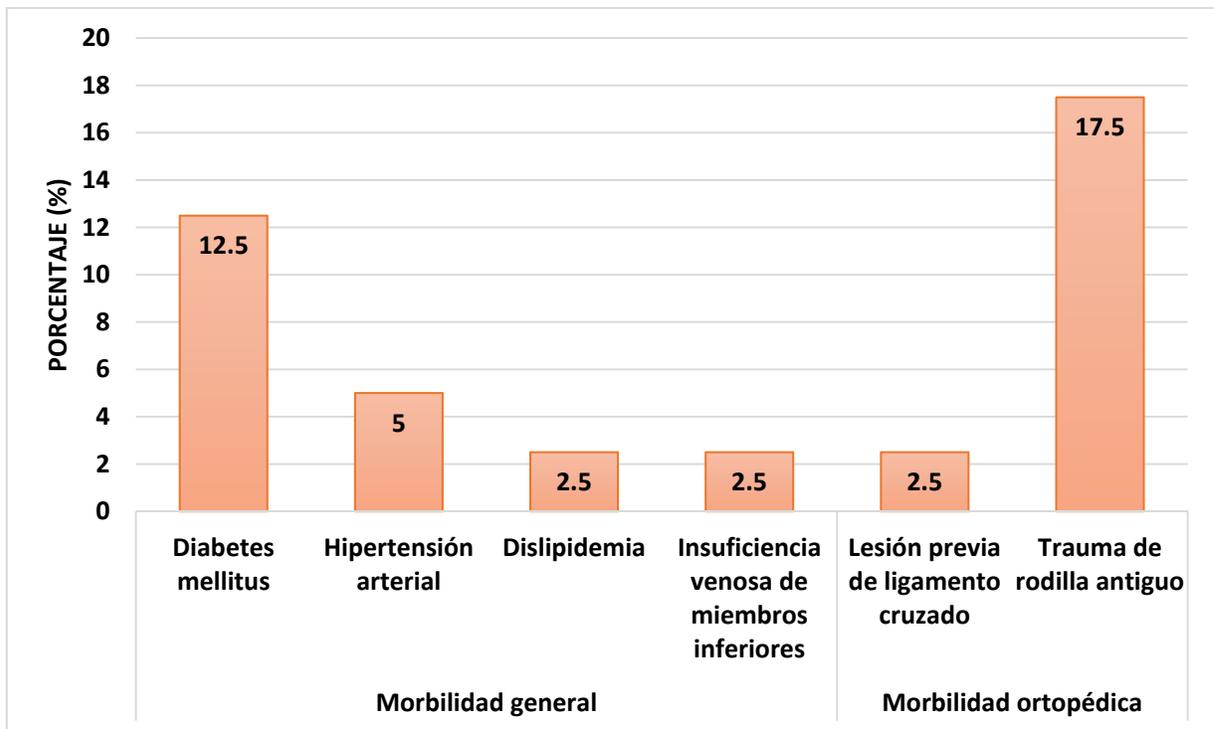
Fuente: Cuadro 1

Cuadro 2: Antecedentes patológicos de los participantes en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”

		n	%
<b>Morbilidad general</b>	Diabetes mellitus	5	12.5
	Hipertensión arterial	2	5
	Dislipidemia	1	2.5
	Insuficiencia venosa de miembros inferiores	1	2.5
<b>Morbilidad ortopédica</b>	Lesión previa de ligamento cruzado	1	2.5
	Trauma de rodilla antiguo	7	17.5
<b>Total de casos con algún antecedente</b>		17	42.5%

Fuente: Expediente clínico

Gráfico 2: Antecedentes patológicos de los participantes en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”



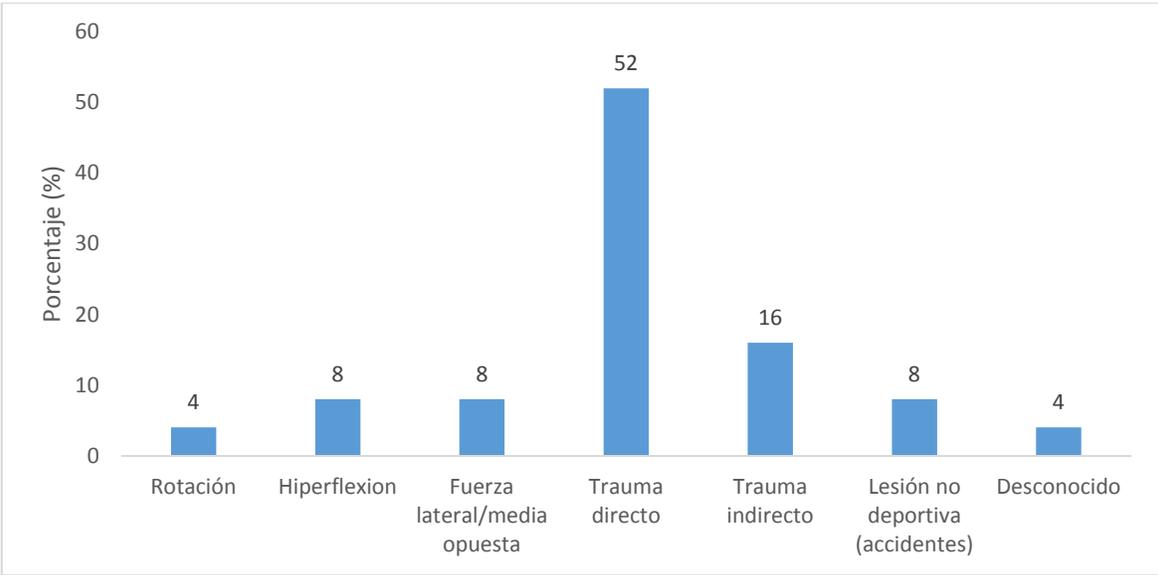
Fuente: Cuadro 2

Cuadro 3: Mecanismo de lesión los participantes con sintomatología, incluidos en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”

		n	%
<b>MECANISMO DE LESION</b>	Rotación	1	4.0
	Hiperflexion	2	8.0
	Fuerza lateral/media opuesta	2	8.0
	Trauma directo	13	52.0
	Trauma indirecto	4	16.0
	Lesión no deportiva (accidentes)	2	8.0
	Desconocido	1	4.0
	Total	25	100.0

Fuente: Expediente clínico

Cuadro 3: Mecanismo de lesión de los participantes con sintomatología, incluidos en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”



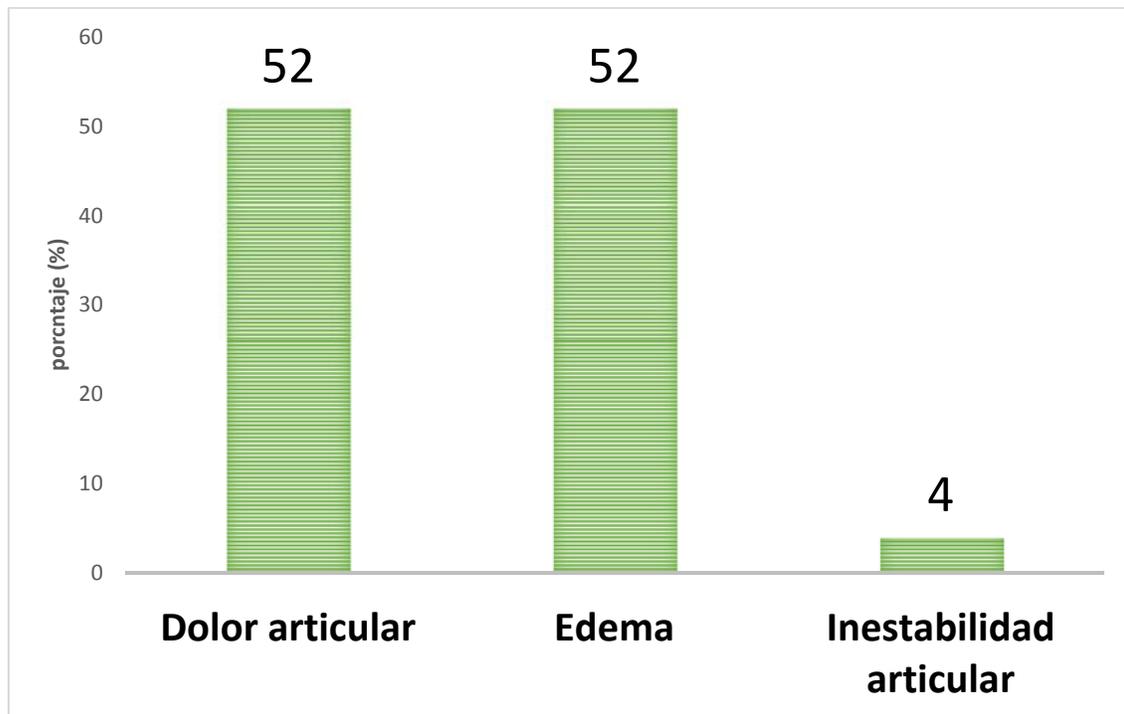
Fuente: Cuadro 3

Cuadro 4: Tipo de síntoma referido por los participantes con sintomatología (n=25), incluidos en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”

		<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Síntomas</b>	Dolor articular	13	52
	Inestabilidad articular	1	4
	Edema	13	52
<b>Total</b>		25	100

Fuente: Expediente clínico

Grafico 4: Tipo de síntoma referido por los participantes con sintomatología, incluidos en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”

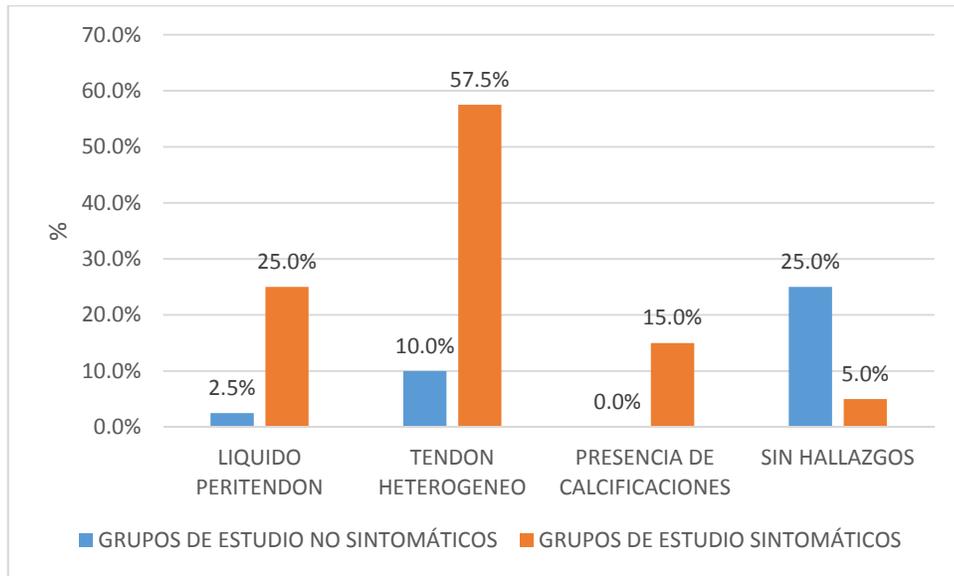


Fuente: Cuadro 3

Cuadro 5: Comparación de los hallazgos ecográficos de en pacientes sintomáticos y asintomáticos, incluidos en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre- Noviembre 2018”

		GRUPOS DE ESTUDIO				Total		Chi <sup>2</sup>
		NO SINTOMÁTICOS		SINTOMÁTICOS		n	%	P
		n	%	n	%			
<b>Hallazgos</b>	Líquido peritendón	1	2.5%	10	25.0%	11	27.5%	0.0001
	Tendón heterogéneo	4	10.0%	23	57.5%	27	67.5%	
	Presencia de calcificaciones	0	0.0%	6	15.0%	6	15.0%	
	Sin hallazgos	10	25.0%	2	5.0%	12	30.0%	
<b>Total</b>		15	37.5%	25	62.5%	40	100.0%	

Gráfico 5: Comparación de los hallazgos ecográficos de en pacientes sintomáticos y asintomáticos, incluidos en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre- Noviembre 2018”



Fuente: cuadro 5

Gráfico 5: Comparación de los resultados de elastografía entre pacientes sintomáticos y asintomáticos, incluidos en el estudio “Utilidad de la elastografía en tiempo real en la evaluación de la tendinopatía patelar en pacientes sintomáticos y asintomáticos, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, Septiembre-Noviembre 2018”

		GRUPOS DE ESTUDIO				Total		P
		NO SINTOMÁTICOS		SINTOMÁTICOS		n	%	
ASTERIA		n	%	n	%	n	%	<0.05
	Elástico (Asteria 1)	0	0.0	3	12.0	3	7.5	
	Predominantemente elástico (Asteria 2)	1	6.7	10	40.0	11	27.5	
	Predominantemente duro (Asteria 3)	2	13.3	10	40.0	12	30.0	
	Duro (Asteria 4)	12	80.0	2	8.0	14	35.0	
Total		15	100.0 %	25	100.0	40	100.0	