



**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA  
SECCIÓN DE POSGRADO**

**UTILIDAD DE LA ELASTOGRAFÍA EN LESIONES  
MUSCULOESQUELÉTICAS Y CORRELACIÓN EN EL TIEMPO  
CENTRO MÉDICO NAVAL 2021**

**PRESENTADO POR  
RONY HAROLD CAMACHO CÁCERES**

**ASESOR  
RICARDO AURELIO CARREÑO ESCOBEDO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PARA OPTAR  
EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD EN RADIOLOGÍA**

**LIMA – PERÚ  
2021**



**Reconocimiento - No comercial - Compartir igual  
CC BY-NC-SA**

El autor permite entremezclar, ajustar y construir a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA  
UNIDAD DE POSGRADO**

**UTILIDAD DE LA ELASTOGRAFÍA EN LESIONES  
MUSCULOESQUELÉTICAS Y CORRELACIÓN EN EL TIEMPO  
CENTRO MÉDICO NAVAL 2021**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PARA OPTAR  
EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD EN RADIOLOGÍA**

**PRESENTADO POR  
RONY HAROLD CAMACHO CÁCERES**

**ASESOR  
MGTR. RICARDO AURELIO CARREÑO ESCOBEDO**

**LIMA, PERÚ**

**2021**

## ÍNDICE

	<b>Págs.</b>
<b>Portada</b>	i
<b>Índice</b>	ii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	1
1.1 Descripción de la situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 General	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 Justificación	3
1.4.1 Importancia	3
1.4.2 Viabilidad	3
1.5 Limitaciones	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases teóricas	9
2.3 Definición de términos básicos	15
<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	16
3.1 Hipótesis	16
3.2 Variables y su definición operacional	16
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA</b>	17
4.1 Diseño metodológico	17
4.2 Diseño muestral	17
4.3 Técnicas de recolección de datos	18
4.4 Procesamiento y análisis de datos	19
4.5 Aspectos éticos	19
<b>CRONOGRAMA</b>	20
<b>PRESUPUESTO</b>	21
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	22
<b>ANEXOS</b>	
1. Matriz de consistencia	
2. Instrumentos de recolección de datos	
3. Consentimiento informado	

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la situación problemática.**

Actualmente, por la necesidad de que las Fuerzas Armadas se encuentren en óptimas condiciones de alistamiento, físicas como psicológicas, para cuando el comando lo requiera, pasan por un riguroso entrenamiento físico y mental, por lo cual las lesiones musculoesqueléticas son frecuentes en el personal y, a consecuencia de estas, ocasionan horas no laborables por los constantes descansos médicos.

Por ello, es importante determinar qué tipo de lesión muscular es y si esta lesión se produjo antes de ingresar a la institución. Por consiguiente, también es muy importante saber cuándo ocurrieron los sucesos, para determinar si la lesión fue a consecuencia del servicio, o realizar actividad que no tuviera relación con la institución, ya que estas lesiones que dejen secuela cambian la condición de actividad del afectado.

La elastografía es el resultado de una combinación de elastografía y ultrasonido en modo B, que proporciona visualización en tiempo real de los parámetros relacionados con los tejidos. Como puede verse, el método no invasivo refleja las propiedades mecánicas de cada tejido. Varias técnicas de elastografía (cualitativas y cuantitativas en ecografía o resonancia magnética) se basan en el supuesto de que los tejidos blandos están más deformados que los duros y que estas diferencias se pueden captar en imágenes. La elastografía aporta una nueva perspectiva a la ecografía tradicional. La rigidez del tejido, junto con el modo Oplar B y la información anatómica vascular, proporcionan información de diagnóstico importante (1, 18, 24, 26).

El desarrollo principal de las técnicas y dispositivos ultrasonográficos para obtener imágenes de la elasticidad del tejido comenzó a fines de los años ochenta. Casi todas las características de las imágenes de ultrasonido actuales de las raíces de elasticidad tisular de los estudios de investigación son realizadas en este período. A partir de finales de la década de los noventa, varios laboratorios desarrollaron

métodos alternativos para examinar la elasticidad del tejido y utilizaron la fuerza generada por una onda acústica (2).

En la actualidad, el uso de la elastografía tensión relativa se ha estado expandiendo en los últimos años desde su incorporación a no menos de 10 años, y ha abierto un abanico diagnóstico de diversas patologías, lo cual es de preferencia para el diagnóstica de patología mamaria, así como visceral.

Si bien la mayoría de la patología es diagnosticada por ecografía, siendo su sensibilidad muy alta, actualmente el Centro Médico Naval cuenta con equipos de última generación capaces de realizar elastografía de tensión relativa; actualmente, para la exploración de la ecografía mamaria indica un alto grado diagnóstico.

La patología muscular, si bien es frecuente, cuenta con un grado de subdiagnóstico, recibe en consulta a pacientes con lesiones ya en un proceso de cronicidad; ello se suma a la falta de preocupación del paciente por su bienestar, a quien se le deja evolucionar en el tiempo. Si se realizó a consecuencia del servicio, es más complicado.

Si bien se cuenta con un resonador magnético, que es el método de elección para el diagnóstico de lesiones musculoesqueléticas, no justifica su uso, ya que utiliza muchos recursos, que podrían ser diagnosticados correctamente mediante el servicio de ecografía, y tal vez con la implementación de la elastografía.

Actualmente, no existe mucha literatura sobre el uso de la elastografía en el diagnóstico de patología musculoesquelética, por lo que el presente estudio es de interés para determinar su correlación elastográfica y clínica, así como posteriores actualizaciones.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es la utilidad de la elastografía aplicada a las lesiones musculoesqueléticas para valorar su antigüedad y evolución en el tiempo, en el Centro Médico Naval 2019?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la capacidad de diagnóstico de la elastografía en lesiones musculoesqueléticas en el Centro Médico Naval 2019.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar las características elastográficas de lesiones musculoesqueléticas.

Determinar en el tiempo antigüedad de las lesiones musculo esqueléticas.

Identificar la población más vulnerable a sufrir patología muscular.

Identificar las lesiones musculoesqueléticas más frecuentes.

Identificar el número y tipo de secuelas identificadas por elastografía.

## **1. 4 Justificación**

### **1.4.1 Importancia**

La presente investigación muestra importancia, ya que no existe suficiente literatura acerca de la investigación de elastografía en lesiones musculoesqueléticas, pudiendo ser la base para futuras investigaciones.

Asimismo, se contribuirá, con el estudio, a disminuir el uso de resonancia magnética como método diagnóstico de patología muscular.

### **1.4.2 Viabilidad**

El presente estudio es viable, pues el director ha autorizado el inicio del presente proyecto. Se podrá distribuir a los distintos grupos médicos del hospital, ya que se cuenta con la autorización de los respectivos jefes de servicio.

Asimismo, el presente estudio es factible, ya que cuenta con el equipo capaz de realizar estudios de elastografía, así como recursos humanos que garanticen la investigación.

### **1.5 Limitaciones**

Se tiene la limitante predominantemente en cuanto a la colaboración de los pacientes que cumplan los criterios de inclusión. Para el presente estudio, no hay limitaciones tecnológicas, ni con la negativa de los directores de la institución.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Castro P et al., en 2015, realizaron un estudio sobre el músculo pectoral mayor en 20 atletas en EE. UU.; los practicantes de levantamiento de pesas, a largo plazo, mostraron en las imágenes de ultrasonido una mayor incidencia de lesión tendinosa en comparación con el grupo de control. A pesar de la calidad de la elastografía y su sensibilidad para mostrar cambios en la rigidez de los tendones de los atletas, este procedimiento no mostró una significación estadística en los cambios elásticos en los tendones cuando se compararon los dos grupos (1).

Taku H et al., en 2015, en Minnessota, hicieron un estudio con el objetivo de investigar la confiabilidad y factibilidad de las mediciones de elastografía de onda de corte para la cuantificación de la elasticidad muscular del supraespinoso. Se utilizaron treinta hombros de cadáver: 18 intactos y 12 con manguito rotador roto (2).

La confiabilidad intra e inter observador de las mediciones con elastografía de onda cortante fue excelente para todas las regiones del músculo supraespinoso. Además, la eliminación del tejido blando suprayacente no mostro diferencia significativa en los valores de elastografía de onda cortante medidos en dicho músculo (2).

Este estudio concluye que la elastografía de onda cortante es una herramienta confiable y viable para la evaluación cuantitativa de la elasticidad muscular de supraespinoso. Además, se pueden obtener medidas del músculo en varias posiciones de abducción del hombro, lo cual podría ayudar a caracterizar patrones según el tamaño de los desgarros del manguito rotador (2).

Turo C y et al., en 2015, en Estados Unidos, realizaron un estudio con el fin de comparar un índice de heterogeneidad mecánica derivado de la elastografía por vibración con ultrasonido con hallazgos físicos antes y después del tratamiento con agujas secas en puntos de gatillo miofasciales activos dolorosos en el músculo trapecio superior. Trabajó con 48 pacientes con dolor miofascial crónico. Fue un

ensayo de intervención prospectivo de tres tratamientos semanales de punción seca para los puntos miofasciales activos (3).

El índice de heterogeneidad mecánica se definió como la proporción del músculo trapecio superior que parecía mecánicamente más rígida en la elastografía. Se obtuvo como resultado que después de tres tratamientos con aguja seca, el índice de heterogeneidad mecánica disminuyó significativamente para los 38 puntos de activación miofascial que respondieron al tratamiento (3).

Su estudio concluyó que el índice de heterogeneidad mecánica a través de la elastografía identifica cambios en el tejido muscular y sus propiedades se correlacionan con cambios en el estado del punto de activación miofascial después de la punción seca (3).

Su Ji K et al., en 2016, publicaron un artículo, en el cual revisaron las técnicas de la elastografía para la práctica clínica y describieron las imágenes producidas por estas técnicas en el contexto del sistema musculoesquelético. Concluyeron que la sonoelastografía proporciona información sobre la rigidez del tejido y permite la visualización en tiempo real de la imagen; sin embargo, no puede reemplazar completamente la ecografía Doppler en escala de grises, color o potencia. La sonoelastografía puede aumentar la precisión diagnóstica y puede ser útil para el seguimiento de lesiones benignas (4).

Paluch et al., en 2016, realizaron un estudio sobre elastografía musculoesquelética a 50 jóvenes sanos; el tendón estudiado por su mayor acceso y su longitud fue el de Aquiles. Al respecto, determinaron que la imagen elastográfica no se correspondió con el examen en proyección. La mayoría de los tendones sanos eran firmes (86–93%). Se observaron tendones moderadamente blandos (amarillos) en 7 a 12% de los casos mientras que se distinguían suavemente blandos (rojos) en 0 a 1.3% de los sujetos. Por otro lado, en la mayoría de los casos, los tendones patológicos contenían áreas blandas distintivamente (57%) o moderadamente (11%). Se observaron estructuras duras en el 32% de los pacientes (5).

Schneebeli et al., en un estudio realizado en Suiza, en 2016, cuyo objetivo consistió en establecer la fiabilidad de la prueba y reprobación de la sonoelastografía en tendones

de Aquiles sanos, en tendones contraídos y relajados mediante un sistema de referencia externo. Fue un estudio prospectivo, en el cual se evaluaron 48 tendones de Aquiles de 24 personas sanas mediante ultrasonido y sonoelastografía en tiempo real con un material de referencia externo (6).

Finalmente, el estudio de Schneebeli concluyó que la sonoelastografía con un material de referencia externo es una técnica confiable y simple que permite evaluar la elasticidad de los tendones de Aquiles en personas sanas, ya que el uso de un material externo como referencia, junto con las relaciones de tensión, proporciona una medida cuantitativa de la elasticidad (6).

Carcache M, en 2017, realizó un estudio con la finalidad de evaluar la elastografía en real tiempo como una ayuda suplementaria en el estudio de afecciones neoplásicas malignas y musculoesqueléticas. El tipo fue transversal analítico con pacientes atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, a quienes se les realizó BAAF (Biopsia por Aspiración con Aguja Fina), ecografía en modo B y elastografía para evaluar diversas patologías; En el presente estudio, se observó en la evaluación del maguito rotador la no correlación entre la dureza y la existencia de la afección (7).

Demirel A et al., en 2018, publicaron un estudio sobre el síndrome del músculo piriforme, en el cual fueron evaluados 28 casos (21 mujeres y 7 hombres), para lo cual se utilizó elastografía por ultrasonido como método menos invasivo y rentable para el diagnóstico temprano; se demostró que la elasticidad muscular y el endurecimiento aumentaron en los músculos piriforme y glúteo mayor en el lado problemático. Se acercó a un diagnóstico temprano del síndrome premenstrual y posibilidad de tratamiento menos invasivo (8).

Prado-Costa et al., en 2018, en Portugal, en un trabajo con el tema sobre musculoesquelético: la elastografía de compresión (EC) y elastografía de onda de corte (EOC), e evaluaron los estudios publicados en las principales bases de datos electrónicas que utilizan ambas técnicas en el contexto de la patología de los tendones. En total, se encontraron 39 estudios que evaluaron patología tendinosa utilizando elastografía de ultrasonido: 26 usaron EC y 13, EOC (9).

En casi todos los estudios encontrados se documentaron una disminución en la rigidez del tendón en caso hubiera una tendinopatía (17). EC ha sido más ampliamente estudiado en relación con EOC. En los resultados de diferentes estudios realizados se evidencia que, en relación con la ecografía convencional, la elastografía aumenta significativamente la sensibilidad y la precisión diagnóstica de la patología tendinosa ya que pueden detectar cambios mínimos de lesión que están ausentes en una ecografía convencional (9).

Adnan D et al., en 2018, publicaron un estudio con la finalidad de determinar la importancia diagnóstica del elastografía por ultrasonido en el síndrome del pinzamiento supraespinoso. Cuarenta y un sujetos con edades entre 38 y 70 años se incluyeron en el estudio, las mediciones fueron realizadas por un radiólogo ciego, con el hombro en posición neutral, midiéndose la elasticidad y la tensión. Se encontró grado de tensión baja en un hombro con síndrome de pinzamiento. Determinando que la relación de la tensión con la elastografía sonográfica se puede utilizar como prueba diagnóstica, no invasiva económica y práctica (10).

Abdulrahman M et al., en 2019, realizaron un estudio sobre el efecto de envejecimiento en la rigidez muscular en pacientes jóvenes sanos, edad mediana y ancianos. Se evaluaron 26 jóvenes (20 y 35 años), 21 voluntarios de mediana edad (40 y 55 años), y 30 ancianos (77 y 94 años); se determinó, mediante elastografía por ondas de corte, que la disminución de la rigidez del musculoesquelético se correlaciona positivamente con la debilidad muscular (11).

Enrico M et al., en 2019, publicaron un trabajo para evaluar la confiabilidad del uso de la elastografía puntual de ondas de corte en el músculo vasto medial, el cuádriceps y los tendones patelares; para este propósito, 18 sujetos (9 varones, 9 mujeres) en buenas condiciones clínicas se incluyeron en el estudio. El examen fue realizado por un radiólogo con más de 10 años de experiencia: dos series de 5 mediciones para cada musculo. Concluyeron que la elastografía puntual de ondas de corte es método confiable para medir la rigidez del musculo vasto medial, el cuádriceps y el tendón patelar en sujetos que se habían sometido en cirugía ortopédica (12).

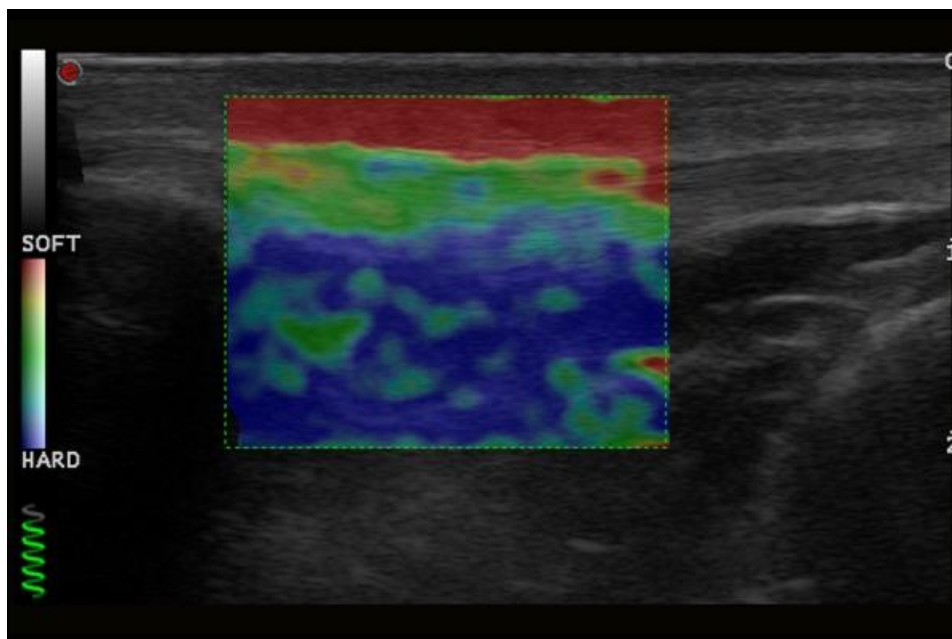
Ertekin E et al. 2021 que las posiciones antiálgicas y largas horas de trabajo en una sola posición pueden afectar el grado de dureza de los músculos y utilizaron como herramienta la elastografía por ondas de corte. (20)

## Bases teóricas

### Elastografía

La elastografía ultrasónica fue descrita originalmente por Ophir et al., quien midió la deformación del tejido como una respuesta a una fuerza externa asumiendo que la deformación es menor en los tejidos rígidos en comparación con los tejidos elásticos y blandos. Hay pocos estudios en la literatura que han intentado representar la apariencia de la elasticidad de las estructuras musculoesqueléticas (13).

La evaluación de la patología musculoesquelética es una de las primeras aplicaciones *in vivo* de la elastografía ultrasónica, que proporciona información sobre la calidad de los tejidos blandos mediante la evaluación de la elasticidad del tejido, la importancia clínica para el diagnóstico y seguimiento de las lesiones musculoesqueléticas, lo que permite una buena función de evaluación al medir la rigidez/elasticidad del músculo (13).



**Figura 1.** Imagen normal del tendón patelar en el examen de elastografía por ultrasonido

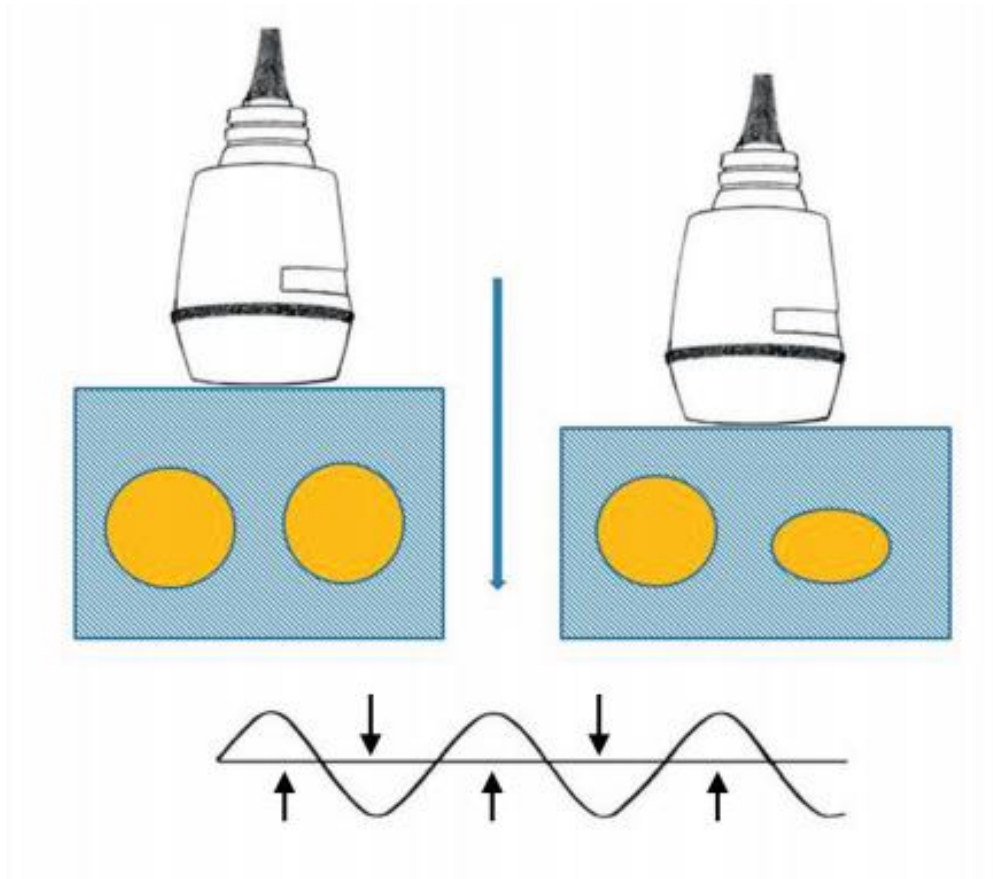
## **Técnica de examinación**

Este método se basa en comparar la radiofrecuencia de las ondas ultrasónicas obtenidas antes y después de una fácil compresión con un transductor convencional y usa una técnica de mano libre. El transductor es una parte del equipo capaz de obtener información específica para la imagen de elastografía ultrasónica. Se ejerce una baja presión con el transductor en el área de interés para determinar una deformación proporcional entre la presión y la deformación. En caso de presión excesiva, se producen efectos no lineales de elasticidad tisular. La aplicación de una presión que exceda un cierto límite hace que la información indicada en la imagen de la elastografía no varíe proporcionalmente con la presión aplicada. Por lo tanto, aplicar demasiada presión puede influir en la apariencia de la lesión. El examinador determina el tamaño de la región de interés para cada área explorada, y debe cubrir la lesión; para superarla, debe explorarse en todas las direcciones con al menos 5 mm. De esta manera, se exploran las lesiones detectadas en imágenes bidimensionales y el daño invisible al examen en escala de grises (13, 18-20, 28, 30).

La elasticidad está representada por codificación de colores. A cada píxel de color de la región de interés se le asigna uno de 256 colores específicos según la amplitud de la deformación. La escala de color varía desde el rojo (componentes suaves - áreas con deformación significativa) hasta el azul (elementos rígidos - áreas con baja distorsión). Verde indica el promedio deformación del retorno de la inversión. La imagen de ultrasonido en modo B convencional se muestra en el lado derecho de la pantalla, mientras que el sonoelastograma en tiempo real con código de color se muestra en el lado izquierdo de la pantalla. La transparencia del color se puede ajustar de manera óptima, de manera que la imagen de escala de grises subyacente se puede ver a través del mapa de color que lo recubre. La compresión debe ser mínima y aplicarse en la dirección vertical. El movimiento en la dirección lateral debe ser suprimido / minimizado. También se debe evitar la presión excesiva sobre la sonda (13, 18, 20, 28, 30, 32).

La elastografía, en unión con la técnica con ultrasonido, es una nueva forma de adquisición de imagen, con las que se describen en real tiempo la organización estructural de los tejidos (elasticidad) respecto de los tejidos circundantes. De esta forma, la información que apartará la elasticidad de los tejidos junto con la

información de la ecografía en modo B, y el modo Doppler, ayudarán con el diagnóstico ecográfico así como el control y seguimiento de patologías, en este caso, al control de la regeneración del tejido muscular tras una injuria previa (16).



**Figura 2.** Método de obtención de imagen elastográfica.

Nótese la no deformación de las estructuras solidas en relación con las estructuras de textura blanda. Por lo tanto, indica que su coeficiente de elasticidad es menor.

La información elastográfica se obtiene en tiempo real dinámico durante la compresión del tejido y se puede grabar un video en un dispositivo de ultrasonido de memoria interna. A partir de la secuencia de imágenes consecutivas obtenidas, se analizará una imagen obtenida en la etapa temprana de compresión. Se utilizan varias formas de codificación en color, según el fabricante del equipo o la intención del examinador: aumentar el contraste con los tejidos circundantes o las lesiones que rodean todo el tejido corporal examinado. Una de las ventajas de elastografía ultrasónica es que no hay un artefacto de anisotropía, el cual es uno de los artefactos más importantes que afectan la ecografía musculoesquelética bidimensional (13, 18, 30, 32).

## Músculos

Los músculos representan estructuras suaves que son adecuadas para el examen de elastografía ultrasónica. El examen de elastografía confirma que, durante la contracción, las estructuras musculares enfatizan su elasticidad. En caso de contusiones musculares, se pueden encontrar áreas sanas con una elasticidad normal similar a la de la contracción. En las rupturas musculares, las zonas de hemorragia, en el trauma muscular, aparecen como áreas homogéneas, muy suaves en la imagen elastográfica (13, 17-20, 23, 26, 27, 32, 33)

En pacientes con lesiones musculares, el examen de elastografía muestra áreas de alteración irregular con diferente elasticidad de la lesión y, en particular, perilesional, donde la ecografía bidimensional podría revelar un aspecto normal. Este hecho es importante en la dinámica para la evolución de las lesiones. De este modo, en las lesiones con evolución favorable aparecerá un aspecto acanalado elástico suave, mientras que la fibrosis causa un amplio rango de aspecto predominantemente rígido (elastografía de imagen azul) que podría contener áreas blandas (imagen de elastografía roja), dependiendo de la longitud de la lesión (14, 17-20, 23, 26, 27, 32, 33).

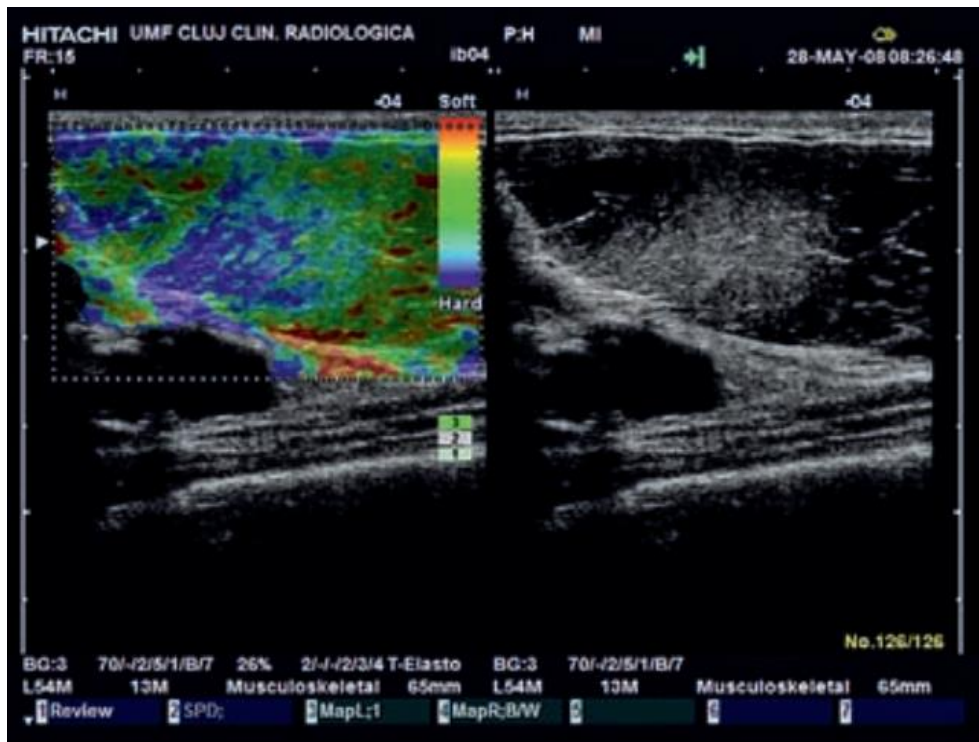


Figura 3. antigua ruptura del musculo pectoral mayor.



El área rígida representa la fibrosis.

La elastografía ultrasónica podría usarse para evaluar la elasticidad muscular en algunos trastornos neuromusculares, como miopatías inflamatorias idiopáticas, parálisis cerebral, contracturas musculares, trastornos espásticos o deformidades óseas que conducen a cambios en la alineación muscular. Así, el examen de elastografía reveló cambios en la elasticidad muscular, disminuidos en la mayoría de los casos de polimiositis, más probablemente por la aparición de fibrosis y cambios de atrofia. En algunos casos de dermatomiositis, se encontró un aumento de la elasticidad y una apariencia de apariencia suave de las estructuras musculares y podría explicarse por la infiltración grasa del músculo.

### Tendones

En el caso de los tendones, se encontró una elasticidad reducida durante la contracción, que tiene diferentes grados de respuesta, dependiendo de la posición del paciente durante el examen (en posición supina o de pie). Las zonas de ruptura tendinosa aparecen en la elastografía más suaves en comparación a la elasticidad promedio del tendón normal. La evaluación posoperatoria destaca las fibras elásticas mantenidas y las áreas de fibrosis cicatricial (14, 17, 19, 21, 22, 24, 26).



**Figura 2.** Elastografía de tendinosis aquilea

## Ligamentos

En los desgarros de un ligamento, como en los tendones, se pueden encontrar áreas más suaves que las del ligamento normal.

## Articulaciones

La elastografía puede ser útil para caracterizar quistes sinoviales con confirmación de contenido fluido o contenido heterogéneo. En los casos de quistes bajo tensión, se observó una elasticidad reducida. La aparición de hemartrosis postraumática puede ser compleja, áreas rígidas y áreas con elasticidad media, de acuerdo a la edad del hematoma. En los casos de enfermedades inflamatorias, la hipertoniá sinovial es una de las características comunes, que muestra moderada elasticidad (15, 31).

## Lesiones de tejidos blandos

Se ha evaluado por elastografía solo unas pocas lesiones de tejidos blandos. Se observa que, en los casos de hematoma, la apariencia es diferente, de acuerdo al tiempo transcurrido desde la aparición del trauma. Así, durante las primeras horas postraumáticas presenta baja elasticidad y aumenta en elasticidad con la lisis del hematoma (15).

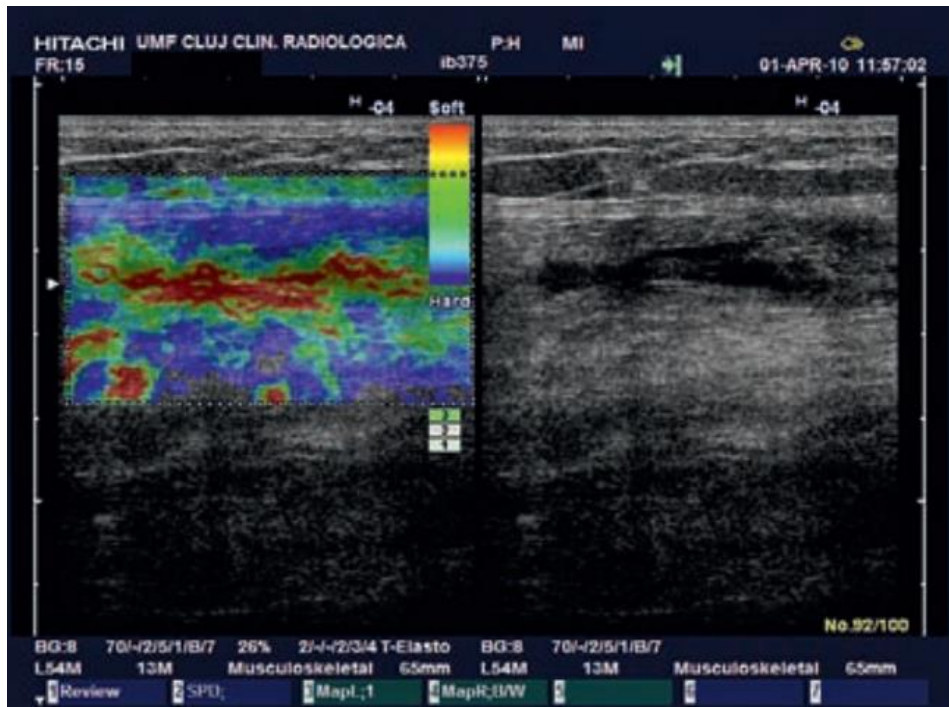


Figura 5. Vista sagital del músculo caudricipital. Se evidencia que la hemorragia tiene un aspecto suave elastográficamente

### **2.3 Definición de términos básicos**

**Fibrosis:** Sustitución del tejido muscular por tejido fibroso o acumulación de fibras de colágeno (14, 17-20, 23, 26, 27, 32, 33).

**Trauma:** Proviene del concepto de origen griego que significa “herida”. Se debe a una lesión física originada por causas externas. (14, 34).

**Hemartrosis:** Hemorragia que se produce en una articulación, causando inflamación y dolor articular (14, 34).

**Hematoma:** Es la acumulación de sangre originada por microhemorragia interna (rotura de vasos capilares, sin que la sangre llegue a la superficie corporal) que se evidencia generalmente como consecuencia corporal resultante de un golpe, atricción o contusión (14, 34).

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 3.1 Formulación de hipótesis

La elastografía tiene mayor capacidad para diagnosticar lesiones musculoesqueléticas y determinar su antigüedad en adultos de 18-65 años comparado con los niños de 1-14 años.

### VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categorías y sus valores	Medio de verificación
Tendón	Haz de fibras conjuntivas que une los músculos a los huesos	Cualitativa	Dolor, sensibilidad, inflamación dentro de la vaina del tendón.	Nominal	Normal: Elementos promedio deformación (verde)	Ecografía convencional Resonancia magnética nuclear Historia clínica
					Tenosinovitis: disminución de la rigidez del tendón (rojo - amarillo)	
					Desgarro: disminución de la rigidez, pérdida de patrón fibrilar (rojo intenso)	
					Fibrosis: aumento de la rigidez y disminución de la elasticidad del tendón (Azul)	
Músculo	Órgano o masa de tejido compuesto de fibras que, mediante la contracción y la relajación, sirve para producir el movimiento	Cualitativa	Dolor y debilidad, posible brecha palpable	Nominal	Normal: Elementos promedio deformación (verde)	Ecografía convencional Resonancia magnética nuclear Historia clínica
					Desgarro: disminución de la rigidez, pérdida de patrón fibrilar (rojo intenso)	
					Fibrosis: Aumento de la rigidez, consolidación del patrón fibrilar (Azul)	
Edad	Tiempo de vida desde su nacimiento	Cuantitativa	Años	Razón	Niño: <1 a 14 Adolescente: 15 a < 18 Adulto: 18 a < 65 Adulto mayor: 65 o más	DNI

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipos y diseño**

Según la intervención del investigador: Observacional.

Según el alcance: Analítico.

Según el número de mediciones de la o las variables de estudio: Transversal.

Según el momento de la recolección de datos: Prospectivo.

### **4.2 Diseño muestral**

#### **Población universo**

Pacientes que acuden al servicio de Ecografía, atendidos en el Centro Médico Naval, entre el año 2019, con lesiones musculoesqueléticas que presenten los criterios de exclusión e inclusión.

#### **Población de estudio**

Pacientes con lesiones musculoesqueléticas entre las edades de 18 a 65 años evaluados elastográficamente por ondas de corte por el servicio de Ecografía, en el Centro Médico Naval durante el año 2019.

#### **Tamaño de la muestra**

Se evaluarán 40 pacientes con lesiones musculoesqueléticas del maguito rotador y /o lesiones de rodilla.

#### **Muestreo**

Se realizará un muestreo consecutivo para la identificación de los pacientes a estudiar, serán previamente evaluados por el servicio de Traumatología y/o Medicina Física o Rehabilitación, quienes enviarán al paciente con una interconsulta para ecografía musculoesquelética, en donde se aplicarán a los pacientes las técnicas de elastografía. El presente estudio se considera no probabilístico

#### **Criterios de inclusión**

Paciente entre los 18 – 65 años

Casos que pertenecen a la Marina de Guerra del Perú

Pacientes sin alteraciones musculoesqueléticas.

Debe presentar lesiones musculoesqueléticas en hombro o rodilla.

### **Criterios de exclusión**

Pacientes sin derecho a atención.

Casos con comorbilidades terminales (cáncer, IRC, cirrosis hepática)

Hospitalizados en estado crítico.

Los que se encuentren en junta médica para fines legales.

Pacientes con antecedentes quirúrgicos en el sistema musculoesquelética que comprometa la articulación del hombro o rodilla.

## **4.3 Técnicas y procedimiento de recolección de datos**

### **Técnica de recolección de datos**

Observacional: ya que quedara registrado en el informe ecográfico en el momento en que se realice la elastografía.

Se determinará mediante el uso de elastografía de shear wave la dureza de la lesión musculoesquelética, determinando esta técnica la dureza en KPa (kilopascuales).

Este al ser un método cuantitativo, ya que dará un número arábico; se podrá comparar el valor numérico con los antecedentes del paciente, el que indicará cuándo se produjo la lesión.

Obtenidos estos datos, se procederá a la comparación en los distintos pacientes. A mayor cantidad de pacientes, habrá menor sesgo y valores más confiables.

Se solicitará autorización de la recolección de datos por la dirección del Centro Médico Naval; así mismo, el paciente deberá dar su consentimiento para participar en el estudio.

### **Instrumentos de recolección y medición de variables**

Este estudio se llevará a cabo en el Centro Médico naval, en la unidad de Ecografía durante el año 2021.

Se usará el reporte ecográfico cualitativo, ya que quedará registrado el diagnóstico final del paciente en la historia clínica.

Deberá estar descrita las características elastográficas por ondas de corte del tejido evaluado.

Se realizará por el profesional medico radiólogo, calificado en ecografía musculoesquelética.

#### **4.4 Procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento será automático, y se utilizara una computadora Intel I7, con sistema operativo Microsoft Windows 10, y el paquete estadístico SPSS 24.0, los datos obtenidos serán pasados a una base de datos del programa SPSS 24.0.

Se realizará un análisis descriptivo - analítico para informar las características principales de cada elasticidad muscular y se representará gráficamente en diagramas de cajas.

Se realizará una curva de características operativas (ROC) del receptor y el área bajo ROC (AUROC) para evaluar la capacidad de elastografía por onda de corte; se determinará el punto de corte y luego se evaluará la diferencia de puntos por debajo y por encima del punto de corte ( $\text{Chi}^2$  y/o regresión logística). Se comparará la capacidad diagnóstica entre adultos y niños.

#### **4.5 Aspectos éticos**

La información que se obtenga de los informes ecográficos será tratada de forma confidencial y se manejará la información el investigador con conocimiento del paciente, de acuerdo con los principios éticos vigentes en la actualidad. Ley General de Salud N.º 26842 – artículo 25. Toda información relativa al acto médico que se realizará tiene carácter reservado.

## CRONOGRAMA

Pasos	2021-2022									
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Redacción final del plan de tesis	X									
Aprobación del plan de tesis		X								
Recolección de datos			X	X						
Procesamiento y análisis de datos				X						
Elaboración del informe					X	X				
Revisión y aprobación de la tesis							X	X		
Sustentación									X	
Publicación del artículo científico										X



## PRESUPUESTO

Para la culminación del presente proyecto de investigación, será necesario la ejecución de los recursos como sigue:

<b>Concepto</b>	<b>Monto estimado (soles)</b>
<b>Material de escritorio</b>	300.00
<b>Gel ecográfico</b>	300.00
<b>Internet</b>	300.00
<b>Papel toalla</b>	100.00
<b>Impresiones</b>	400.00
<b>Logística</b>	300.00
<b>Traslados</b>	1200.00
<b>TOTAL</b>	<b>2900.00</b>

## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. F.Guzmán , D.Abellán , M.Reus . La elastografía: una nueva aplicación de la ecografía. ¿Cuál es su utilidad clínica? RADIOLOGIA Sociedad Española de Radiología Médica. 2014 Julio Vol. 56(4): 305-13
2. Taku H et al. Evaluación cuantitativa de la elasticidad muscular del manguito rotador: Fiabilidad y viabilidad de la elastografía de onda cortante. J Biomech. 2015 November 5; 48(14): 3853–8.
3. Turo D, Otto P, Hossain M, et al. Nuevo uso de la elastografía para cuantificar los cambios en el tejido muscular después de la punción seca de los puntos de activación miofascial en pacientes con dolor miofascial crónico. J Ultrasound Med. 2015 December ; 34(12): 2149–61
4. Su Ji K, Hee Jin P, So Yeon L. Utilidad de la elastografía de tensión del sistema musculoesquelético. Ultrasonografía. 2016 Jun; 35 (2): 104-9.
5. Łukasz P et. Al. Uso de la ecografía ecográfica en la evaluación del sistema musculoesquelético. Pol J Radiol. 2016 junio; 81: 240–6.
6. Schneebeil A, Filippo D, Gabriele V, et al. Sonoelastografía en tiempo real con un material de referencia externo: confiabilidad de la prueba-reprueba en tendones de Aquiles saludables. Skeletal Radiology. 2016 Abr; vol. 45(8): 1045-52
7. Carcache M, Jacqueline L. *Elastografía en tiempo real como herramienta complementaria a la ecografía convencional en el estudio de lesiones malignas y musculoesqueléticas, Radiologia, 2017. Ago. 2017; 35 (2): 52-63.*
8. Demirel A, Baykara M, Koca T . et al. Ultrasonido elastografía hallazgos en piriforme muscular síndrome. Indian J Radiol . 2018 Oct; 28 (4): 412-8.
9. Prado-Costa, Rebelo J, Monteiro-Barroso J. et al. Elastografía ecográfica: elastografía por compresión y elastografía de onda de cizallamiento en la evaluación de la lesión tendinosa. Insights Imaging (2018) 9:791–814.
10. Adnan D, Murat B, et al. Ultrasound elastography-based assessment of the elasticity of the supraspinatus muscle in impingement syndrome: does elastography has any diagnostic value? Clinical Rheumatology. 2018 junio; Vol. 37(6):1661–5.

11. Abdulrahman M. El efecto del envejecimiento sobre la rigidez muscular de la elastografía de onda de corte en adultos. *Aging Clinical and experimental Research*, 14 de febrero de 2019; 32 (2): 326-30.
12. Enrico M, Franceschetti E, Giorgi C. et al. Fiabilidad de la elastografía de ultrasonido puntual de onda de corte cuantitativa en el músculo vasto medial, el cuádriceps y los tendones patelares. *Ecografía médica. 2019 febrero; Vol. 21 (1): 50-5.*
13. Botar Jid, Dan V, Laura D. et al. Sonoelastografía musculoesquelética. *Medical Ultrasonography* 2015 Feb, Vol. 14(3):239-45
14. Botar-Jid C, Dan V, Laura Ot. et al. Ecografía tridimensională și elastografía în patologia aparatului locomotor. *Ecografie clinică musculoscheletală. Editura Medicală București* 2015 Nov; Vol. 15:381-96.
15. AN D, S Ba-D, JC Sane, et al. Apport de l'estographie dans la pathologie musculo-tendineuse; *Journal of Radiologie*. 2008 Set; 89(9): 1081-4.
16. Nordez A, Gennisson JL, Casari P, Catheline S, Cornu C. Characterization of muscle belly elastic properties during passive stretching using transient elastography. *J Biomech*. 2008;41(10):2305–11.
17. Yu M, Wu J, Hou J, Tang Y, Li F, Zhou C, et al. Young's Modulus of Bilateral Infraspinus Tendon Measured in Different Postures by Shear Wave Elastography Before and After Exercise. *Orthop Surg* 2021 July 01;13(5):1570-1578.
18. Kolb M, Ekert K, Schneider L, Fritz J, Ioanoviciu SD, Henes J, et al. The Utility of Shear-Wave Elastography in the Evaluation of Myositis. *Ultrasound Med Biol* 2021 August 01;47(8):2176-2185.
19. Besomi M, Salomoni SE, Hug F, Tier L, Vicenzino B, Hodges PW. Exploración de las medidas de elastografía de ondas de cizalla de la banda iliotibial durante diferentes tareas en corredores sin dolor. *Phys Ther Sport* 2021 Julio 01;50:121-129.
20. Ertekin E, Gunaydin OE. Dolor de cuello en postura redondeada del hombro: Correlación clínico-radiológica por elastografía de onda de cizalla. *Int J Clin Pract* 2021 Agosto 01;75(8): e14240.
21. Gonzalez FM, Gleason CA, Lee KS, Labid SA, Nazarian LN, Morrison WB, et al. Shear wave elastography assessment and comparison study of the Achilles tendons in optimally conditioned asymptomatic young collegiate athletes. *Skeletal Radiol* 2021 May 08.

22. Wee TC, Simon NG. Asymptomatic common extensor tendon pathology in patients with carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2021 July 01;64(1):64-69.
23. Miyamoto N, Hirata K. Site-specific features of active muscle stiffness and proximal aponeurosis strain in biceps femoris long head. *Scand J Med Sci Sports* 2021 August 01;31(8):1666-1673.
24. Gurun E, Aksakal M, Akdulum I. Medición de la rigidez del ligamento colateral medial normal en voluntarios sanos mediante elastografía de onda de cizallamiento. *Surg Radiol Anat* 2021 19 de abril.
25. Umehara J, Sato Y, Ikezoe T, Yagi M, Nojiri S, Nakao S, et al. Regional differential stretching of the pectoralis major muscle: An ultrasound elastography study. *J Biomech* 2021 May 24;121:110416.
26. Lee Y, Kim M, Lee H. La medición de la rigidez para los músculos principales con elastografía de onda de cizallamiento y miotono: un estudio de análisis cuantitativo. *Diagnóstico (Basilea)* 15 de marzo de 2021;11(3):10.3390/diagnostics11030524.
27. Liu J, Qian Z, Wang K, Wu J, Jabran A, Ren L, et al. Non-invasive Quantitative Assessment of Muscle Force Based on Ultrasonic Shear Wave Elastography. *Ultrasound Med Biol* 2019 February 01;45(2):440-451.
28. Kuo WH, Jian DW, Wang TG, Wang YC. Neck muscle stiffness quantified by sonoelastography is correlated with body mass index and chronic neck pain symptoms. *Ultrasound Med Biol* 2013 August 01;39(8):1356-1361.
29. Bedewi MA, Alhariqi BA, Aldossary NM, Gaballah AH, Sandougah KJ. Shear wave elastography of the scalene muscles in healthy adults: A preliminary study. *Medicine (Baltimore)* 2021 August 13;100(32):e26891.
30. Harmon B, Wells M, Park D, Gao J. Ultrasound elastography in neuromuscular and movement disorders. *Clin Imaging* 2019;53:35-42.
31. Ishikawa H, Muraki T, Morise S, Kurokawa D, Yamamoto N, Itoi E, et al. Cambios en las actividades musculares del hombro y el movimiento glenohumeral después de la reparación del manguito rotador: una evaluación mediante elastografía tisular en tiempo real por ultrasonido. *Revista de Cirugía de Hombro y Codo* 2021.
32. Eby SF, Zhao H, Song P, Vareberg BJ, Kinnick RR, Greenleaf JF, et al. Cuantificación de la espasticidad en músculos individuales mediante elastografía de ondas de cizallamiento. *Informes de casos de radiología* 2017;12(2):348-352.

33. Dorado Cortez C, Hermitte L, Ramain A, Mesmann C, Lefort T, Pialat JB. Velocidad de la onda de cizalla por ultrasonido en el músculo esquelético: un estudio de reproducibilidad. *Diagnóstico e Intervencionista por Imágenes* 2016;97(1):71-79.
34. Ortega-Perez R, Piepoli A, Barros-Peinado M, Sanchez J, Martinez-Ferez A. Recuperación funcional precoz de rotura de fibras del recto anterior mediante una estrategia combinada incluyendo radiofrecuencia con emulgel ozonizado. Evaluación mediante elastografía. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2015;8(1):37.

## ANEXOS

### 1. Matriz de consistencia

1.

Título	Pregunta de Investigación	Objetivos	Hipótesis	Tipo y diseño de estudio	Población de estudio y procesamiento de datos	Instrumento de recolección
Utilidad de la elastografía en lesiones musculoesqueléticas y correlación en el tiempo en el Centro Médico Naval 2019	¿Cuál es la utilidad de la elastografía en lesiones musculoesqueléticas y su correlación en el tiempo en pacientes del CEMENA durante el periodo 2019?	<b>Objetivo general</b>  Determinar características elastográficas, así como su relación a la fecha del suceso en lesiones musculoesqueléticas en el CEMENA durante el periodo 2019	<b>Hipótesis general</b>  El uso permanente de Elastografía por onda de corte provocaría más frecuentemente el diagnóstico certero de lesiones musculoesqueléticas.	Según la intervención del investigador: Observacional  Según el alcance: Analítico  Según el número de mediciones de la o las variables de estudio: Longitudinal  Según el momento de la recolección de datos: Prospectivo	Pacientes con lesiones musculoesqueléticas entre las edades e 18 – 65 años evaluados elastograficamente por ondas de corte por el servicio de ecografía, en el CEMENA durante el año 2019-2020	Informe ecográfico  Historia clínica
		<b>Objetivos específicos</b>  Determinar las características elastográficas de lesiones musculoesqueléticas.  Determinar en el tiempo antigüedad de las lesiones musculoesqueléticas.  Identificar la población más vulnerable a sufrir patología muscular.  Identificar las lesiones				

		<p>musculoesque léticas más frecuentes.</p> <p>Identificar el número y tipo de secuelas identificadas por elastografía.</p>				
--	--	---	--	--	--	--

## **2. Consentimiento informado**

### **FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO**

El acto médico se mantendrá en caso usted no desee participar en el estudio.

#### **¿Por qué tengo que firmar este documento?**

La firma es para verificar que usted desea participar en el estudio.

#### **¿Cuál es la finalidad de realizar este estudio?**

Deseamos tener más conocimiento acerca de las lesiones musculoesqueléticas, Este estudio nos ayudará a comprender más sobre su diagnóstico mediante elastografía. Les estamos solicitando a personas como usted, que tienen alguna afección muscular, que nos ayuden.

#### **¿Cuánto tiempo tomará el estudio?**

El estudio durara un tiempo aproximado de 20 minutos.

#### **¿Qué pasa si digo no quiero participar en el estudio?**

Usted continuara con su tratamiento, sin ninguna represalia o alteración en su acto médico.

#### **¿Quiénes visualizaran mis resultados?**

Solo los que realizan el estudio visualizaran los resultados.

Cuando compartamos los resultados del estudio, en la publicación del artículo, no incluiremos su nombre. Haremos todo lo posible para que nadie fuera del estudio sepa que usted participó en él.

#### **¿Este estudio tiene algún costo?**

No.

#### **Al participar en el estudio, ¿tendré algún beneficio para mí?**

Participar en este estudio no generara beneficios, pero podría ayudar a personas con lesiones musculoesqueléticas a la posterioridad.

#### **¿Este documento tiene que ser firmado?**

No. Solo fírmelo, si desea participar en el estudio.



**¿Qué pasos tengo que seguir si deseo participar del estudio?**

El documento tiene que ser firmado. Se le proporcionara una copia.

**¿Existe algún riesgo al realizar estos estudios con la aplicación de la elastografia?**

No existen riesgos para su salud durante el procedimiento, quizás pueda presentar un poco de disconfort al momento de la evaluación.

Al poner su rubrica en este documento está autorizando que:

Que esta aceptado participar del estudio.

Que se ha proporcionado información acerca del estudio y hemos aclarado todas sus dudas.

\_\_\_\_\_  
Su nombre

\_\_\_\_\_  
Su firma          Fecha  
Si se utilizó un apoderado

\_\_\_\_\_  
Nombre del apoderado

\_\_\_\_\_  
Firma del apoderado      Fecha

Si, el apoderado está firmado el documento, explique por qué:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Nombre del representante legal.

\_\_\_\_\_  
Firma de la persona que provee el consentimiento en representación del sujeto

Relación: \_\_\_\_\_

Nombre de la persona que expone el consentimiento.

---

Firma de la persona que expone el consentimiento

Si continua con alguna duda a consulta respecto al estudio, puede comunicarse con el investigador principal a la siguiente dirección.

Harold.camacho88@gmail.com

Teléfono +51974510020