

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
LICENCIATURA EN TERAPIA FISICA
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL



“EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE CAVITACIÓN ULTRASÓNICA PARA EL TRATAMIENTO EN LA REDUCCIÓN DE ESTRÍAS EN ALUMNAS DE 20 A 25 AÑOS DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. 2018”.

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN TERAPIA FISICA

PRESENTA:

P. L. T. F. CINTHYA VICTORIA CANTOR CUEVAS

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. JOSÉ ANTONIO ESTRADA GUADARRAMA

REVISORES:

M. EN F.K.D. ADRIANA PLATA AYALA
L. T. F. JORGE IVAN ESPINOSA VALLE

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, 2020.

“EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE CAVITACIÓN ULTRASÓNICA PARA EL TRATAMIENTO EN LA REDUCCIÓN DE ESTRÍAS EN ALUMNAS DE 20 A 25 AÑOS DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. 2018”.

RESUMEN

Las estrías son un problema estético que afecta a un gran porcentaje de la población, especialmente la femenina. En los últimos años ha cobrado relevancia debido al impacto psicológico generado por la falta de autoestima, en relación con su belleza, en aquellas que la presentan. El presente estudio se llevó a cabo con el propósito de determinar si el uso de ultrasonido contribuye a reducir las estrías. La muestra estuvo conformada por 21 estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México, afectadas por estrías, a las cuales se les realizó una valoración para determinar el estado de estas. Dicha valoración se centró en la apariencia de la cicatriz (color, flexibilidad y altura), con la finalidad de poder compararlas al final del estudio y determinar si se presenta algún cambio en las características de cada zona tratada del participante después del tratamiento por cavitación ultrasónica y determinar si resulta efectiva en la intervención terapéutica para esta condición estética. El tratamiento consistió en un total de 15 sesiones de 20 minutos cada una en las que se aplicó ultrasonido terapéutico con modalidad pulsátil 1:1, frecuencia 3 MHz, velocidad 1.5 m/s e intensidad 1 W/cm². Si bien en los resultados finales no se observaron cambios en la altura/grosor de estas, se produjo un cambio observable en cuanto al color y la flexibilidad de la estría, dando como consecuencia que la piel de la zona de estrías tratada sea parecida a la zona de la piel cercana. Por lo cual el tratamiento utilizado resultó útil para mejorar únicamente en el color y la flexibilidad de la estría.

ABSTRACT

Stretch marks are an aesthetic problem that affects a large percentage of the population, especially women. In recent years, it has become relevant due to the psychological impact caused in women who present this problem and have low self-esteem related to their beauty. This study was performed in order to determine whether the use of ultrasound contributes to reducing stretch marks or not. The study included a group of 21 students from the Faculty of Medicine of the Autonomous University of the State of Mexico, who were affected by stretch marks. This group of students were assessed to determine their physical condition. The evaluation focused on the appearance of the scars (color, flexibility and height), in order to be able to compare them at the end of the study, and determine if there was any change in the characteristics of each participant's scars after the ultrasonic cavitation treatment and conclude if the therapeutic procedure was effective for this condition. Treatment included a total of 15 sessions lasting 20 minutes each, where therapeutic ultrasound was applied at 1:1 pulsatile modality, 3 MHz frequency, 1.5 m/s speed and 1 W/cm² intensity. Although the results did not show any changes in their height or thickness, there was a visible change in terms of color and flexibility of the stretch marks after treatment. As a result, we perceived that the area of the skin in the treated stretch mark is similar to the rest of the area that surrounds it. Due to all of this, we conclude that the applied treatment was useful to improve the color and flexibility of the stretch marks.

Índice

1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. PIEL	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.2. Histología de la piel	1
1.1.3. Funciones	5
1.2. ESTRÍAS	5
1.2.1. Definición	5
1.2.2. Fases	6
1.2.3. Histología	7
1.2.4. Causas	7
1.2.5. Circunstancias de desarrollo	8
1.2.6. Factores desencadenantes	8
1.2.7. Localización	9
1.2.8. Recomendaciones generales para evitar las estrías	9
1.2.9. Correlación clínica	10
1.3. TRATAMIENTO PARA LAS ESTRÍAS	10
1.3.1. Tratamientos conservadores para las estrías	10
1.4. TERAPIA ULTRASÓNICA	13
1.4.1. Características	13
1.4.2. Fundamentos físicos y técnicos	14
1.4.3. Efectos biológicos	15
1.4.4. Técnicas de aplicación	18
1.4.5. Mecanismos de acción	21
1.4.6. Efectos terapéuticos	23
1.4.7. Indicaciones terapéuticas	25
1.4.8. Contraindicaciones	26
1.4.9. Efectos de los ultrasonidos	28
1.5. CAVITACIÓN	30
1.5.1. Efectos no térmicos del ultrasonido terapéutico	31
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
2.1. Argumentación	32

2.2. Pregunta de investigación	33
3. JUSTIFICACIÓN.....	34
4. HIPÓTESIS	35
5. OBJETIVOS	36
5.1. General.....	36
5.2. Específicos.....	36
6. MÉTODO.....	37
6.1. Tipo de estudio	37
6.2. Universo de trabajo.....	37
6.3. Criterios de inclusión	37
6.4. Criterios de exclusión	37
6.5. Criterios de eliminación.....	38
6.6. Variables	38
6.6.1. Dependiente.....	38
6.6.2. Interviniente.....	38
6.6.3. Independiente.....	38
6.7. Instrumentos de investigación	41
6.7.1. Cédula de recolección de datos (Anexo 1).	41
6.7.2. Validación:.....	41
6.8. Desarrollo del proyecto	42
6.8.1. Material.....	42
6.8.2. Método	43
6.9. Límite de espacio	44
6.10. Límite de tiempo	44
6.11. Diseño de análisis	45
7. ORGANIZACIÓN	46
8. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO.....	47
9. IMPLICACIONES ÉTICAS.....	48
10. RESULTADOS.....	49
10.1. Características de la población de estudio	49
10.2. Valoración inicial de la zona con estrías	50
10.3. Tratamiento de las estrías con cavitación ultrasónica	54
10.4. Valoración final de la zona con estrías.....	55

11. DISCUSIÓN	61
12. REFERENCIAS CONSULTADAS	62
13.ANEXOS	64

1. MARCO TEÓRICO

1.1. PIEL

1.1.1. Generalidades

La piel es el órgano más grande del cuerpo, posee una superficie aproximada de 2 m² en el ser humano adulto, al cual envuelve de manera completa sin dejar áreas de continuidad.

La piel tiene un espesor que va desde los 0.5 mm en los párpados, hasta 4 mm en el talón, tiene un peso aproximado de 3 a 4 kg, lo que equivale de 6 a 12% del peso corporal. ⁽¹⁾

Actúa como barrera mecánica permeable y como órgano termorregulador. Así mismo puede iniciar las respuestas inmunes necesarias. ⁽²⁾

Actúa como barrera protectora que aísla al organismo del medio que lo rodea, protegiéndolo y contribuyendo a mantener íntegras sus estructuras, funciona también como sistema de comunicación con el entorno y es uno de los principales órganos sensoriales, contiene terminaciones nerviosas que actúan como receptores de tacto, presión, dolor y temperatura.

La piel y sus derivados constituyen el sistema tegumentario.

1.1.2. Histología de la piel

La piel está compuesta por dos estratos principales:

- Epidermis, compuesta por un epitelio estratificado plano queratinizado que crece constantemente, pero mantiene su espesor normal por el proceso de la descamación. La epidermis deriva del ectodermo. Posee un espesor promedio inferior a medio milímetro., es un epitelio estratificado queratinizado, las capas que posee son:

1. Basal

2. Espinosa
3. Granulosa
4. Lúcido
5. Córnea

- Dermis, compuesta por un tejido conjuntivo denso que provee sostén mecánico, resistencia y espesor a la piel. La dermis deriva del mesodermo. Es la segunda porción de la piel y la más profunda, está formada sobre todo por tejido conectivo denso irregular con colágeno y fibras elásticas. Esta red entrelazada de fibras posee gran resistencia a la tensión (resiste fuerzas de tracción o de estiramiento). La dermis también puede estirarse y recuperarse con facilidad, su espesor varía entre las distintas regiones corporales, alcanzando su máximo espesor en las palmas y las plantas.

CÉLULAS DE LA DERMIS:

1. Fibroblastos: Son las más numerosas del tejido conectivo.
2. Monocitos macrófagos: Su función es la fagocitosis y la presentación de antígenos a las células linfoides, intervienen en la coagulación y cicatrización y remodelación de la piel.
3. Dendrocito dérmico: Fagocita melanina, hierro y otros pigmentos.
4. Mastocito: Localizado en dermis papilar, cerca de la unión dermoepidérmica, es responsable de la defensa contra parásitos, promueve la fagocitosis, permeabilidad vascular.

Las pocas células halladas en la dermis suelen ser fibroblastos, con algunos macrófagos y unos pocos adipocitos cerca de su unión con el tejido subcutáneo. Los vasos sanguíneos, los nervios, las glándulas y los folículos pilosos (invaginación epitelial de la epidermis) se encuentran en esta capa. De acuerdo a su estructura tisular, la dermis puede dividirse en una región papilar superficial delgada y una región reticular gruesa más profunda. ⁽³⁾

La capa papilar está en contacto con la membrana basal y forma unas evaginaciones denominadas rebordes dérmicos (papilas dérmicas) que se interdigitan con los rebordes epidérmicos. Las fibras de este tejido conjuntivo laxo (fibras de colágeno de tipo III y fibras elásticas delgadas) aparecen entretejidas. Asimismo, las fibras de anclaje, formadas por fibras de colágeno de tipo VII, se unen a las fibras reticulares para reforzar la unión de la membrana basal a la capa basal, de tal modo que la epidermis se fija a la dermis. La capa papilar contiene células del tejido conjuntivo propiamente dicho, aunque también aparecen asas capilares que aportan nutrientes a la epidermis avascular y participan en la regulación de la temperatura corporal. Asimismo, alberga terminaciones nerviosas encapsuladas, como corpúsculos de Meissner de función mecanorreceptora y bulbos terminales Krause, de función posiblemente termorreceptora. Las terminaciones nerviosas desnudas atraviesan la capa papilar en su recorrido hacia la epidermis, en la que actúan como receptores del dolor. ⁽⁴⁾

Las fibras del tejido conjuntivo de la capa reticular corresponden mayoritariamente a haces gruesos de colágeno de tipo I entremezcladas con fibras elásticas gruesas incluidas en una matriz de sustancia fundamental en la que abunda el dermatan sulfato. Los componentes celulares de esta capa son semejantes a los de la capa papilar, si bien son menos abundantes. Las regiones profundas de las glándulas sudoríparas, las glándulas sebáceas y los folículos pilosos, junto a los músculos erectores asociados, se hallan en la dermis, la cual contiene también un plexo profuso de vasos sanguíneos y linfáticos que se ramifican en vasos de menor calibre encargados de irrigar la capa capilar. Los elementos neurales encapsulados, como los corpúsculos de Paccini y los corpúsculos de Ruffini, reaccionan ante las fuerzas intensas de presión y de tensión. ⁽⁴⁾

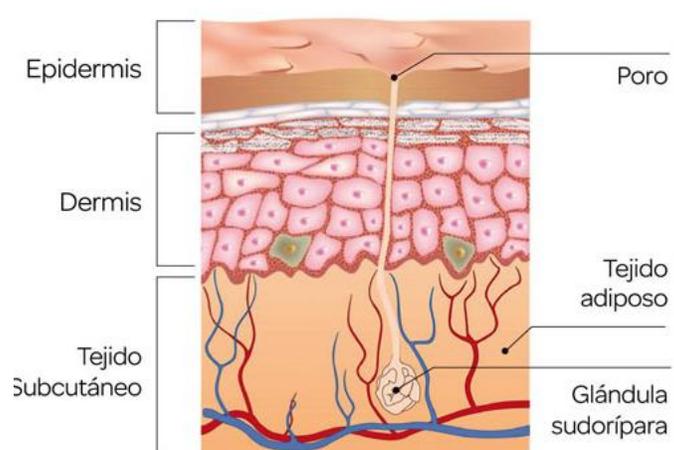
La combinación de las fibras de colágeno y elásticas en la región reticular otorga a la piel resistencia, distensibilidad (capacidad de estirarse) y elasticidad (propiedad de volver a la forma original después del estiramiento). La distensibilidad de la piel puede evidenciarse con facilidad alrededor de las articulaciones, durante el embarazo y en personas obesas. ⁽³⁾

- La hipodermis contiene una cantidad variable de tejido adiposo organizado en lobulillos separados por tabiques de tejido conjuntivo. Está situada a más profundidad que la dermis y equivale al tejido celular subcutáneo o la fascia subcutánea. Tiene funciones muy importantes para el ser humano:
 1. Termorregulación
 2. Amortiguación de traumatismos
 3. Reserva de calorías
 4. Participación en el metabolismo hídrico y graso

Los derivados epidérmicos de la piel (anexos cutáneos) comprenden las estructuras y los productos siguientes:

- Folículos pilosos y pelo
- Glándulas sudoríparas o Glándulas sebáceas
- Uñas
- Glándulas mamarias ⁽⁵⁾

Las funciones de la piel están relacionadas con su constitución como interface que separa el medio interno del externo. ⁽¹⁾



Capas de la piel ⁽⁶⁾

1.1.3. Funciones

Las funciones principales de la piel son:

- Actúa como una barrera que protege contra agentes físicos, químicos y biológicos del medio externo.
- Provee información inmunológica obtenida durante el procesamiento antigénico a las células efectoras adecuadas del tejido linfático.
- Participa en la homeostasis al regular la temperatura corporal y la pérdida de agua.
- Transmite información sensitiva acerca del medio externo al sistema nervioso.
- Desempeña funciones endocrinas al secretar hormonas, citosinas y factores de crecimiento y al convertir moléculas precursoras en las moléculas maduras con actividad hormonal (vitamina D).
- Interviene en la excreción a través de la secreción exocrina de las glándulas sudoríparas ecrinas y apocrinas y de las glándulas sebáceas. ⁽⁵⁾

1.2. ESTRÍAS

1.2.1. Definición

Las estrías son atrofias cutáneas de forma lineal. Se presentan como cicatrices, al principio rojizo, después blanco nacarado, indeleble, que aparecen progresivamente. Al igual que una cicatriz, la piel afectada no posee pelos ni elementos de secreción. ⁽⁷⁾

Las estrías son verdaderas cicatrices que aparecen en distintas zonas de nuestra piel. Son lesiones cutáneas atróficas lineales o fusiformes de longitud variable que aparecen por una pérdida de elasticidad del tejido conjuntivo y por la posterior ruptura de las fibras elásticas y colágenas que soportan la piel.

En principio se presentan como una disminución y formación anómala de colágeno en la dermis que va progresando y llega un momento en que es palpable y aparece una depresión en la epidermis donde se aprecia una piel fina en la base de la estría.⁽⁸⁾

La cantidad y calidad del tejido cicatricial es muy variable en los diferentes individuos, y se evalúa a partir de estudios histológicos y escalas clínicas que incluyen criterios como el volumen, contorno, color o consistencia de la cicatriz.

1.2.2. Fases

Las estrías evolucionan en dos fases:

- Una fase de formación en la que aparecen líneas rojizas ligeramente elevadas: Fase 1.
- Una fase de estado en la que las estrías se vuelven blancas y ligeramente deprimidas: Fase 2.

Se forman paralelamente a las líneas de la piel.

Su aspecto es diferente según la zona:

- En el abdomen: se disponen en círculos alrededor del ombligo;
- En los senos: son circulares alrededor de la areola;
- En los muslos: son oblicuas y bilaterales.

Las estrías pueden ser rojas y blancas.

Las rojas tienen mejor pronóstico, al principio de la aparición de la lesión tienen color rojizo, pues el organismo intenta cicatrizar la lesión enviando más sangre a la zona, que al estar más vascularizada adquiere ese color rosáceo. Cuando la vascularización ya es deficiente se afecta hasta la hipodermis y adquieren un color blanquecino nacarado, en este caso el pronóstico es peor. Cuanto más ancha es la estría también tiene peor pronóstico. Las estrías violáceas son las que aparecen a las personas que sufren de síndrome de Cushing.⁽⁸⁾

1.2.3. Histología

La epidermis es normal, ligeramente atrófica.

La unión dermo-epidérmica está alisada la dermis es la más afectada. Los fascículos de colágeno se orientan paralelamente a la superficie de la piel y están fracturados. La elastina disminuye poco a poco hasta desaparecer totalmente en las estrías antiguas.

La transición entre piel sana y la estría es muy pronunciada. La estría es una verdadera falla que atraviesa la epidermis y la dermis. Hay una afectación muy importante del colágeno tipo III; las estrías afectan principalmente a las pieles jóvenes. ⁽⁷⁾

1.2.4. Causas

Las estrías se han atribuido durante mucho tiempo a una distensión mecánica. Actualmente se piensa que el esfuerzo mecánico sólo tiene un papel secundario. La causa esencial es un hiperfuncionamiento de las glándulas suprarrenales los glucocorticoides tienen un papel primordial. Actúan sobre los fibroblastos alterando su programa de biosíntesis. Por ello se produce:

- Una menor producción de colágeno y de proteoglicanos:
- Una inhibición parcial de la síntesis de ácido hialurónico y de condroitín sulfato,
- Producción de proteínas alteradas que conlleva una ruptura del tejido conjuntivo, con la aparición de una falla. ⁽⁷⁾

1.2.5. Circunstancias de desarrollo

Son muy variadas, pero todas se relacionan con una disfunción de las glándulas suprarrenales. Se observa la formación de estrías en las condiciones siguientes:

- Desequilibrio hormonal en la pubertad.
- Obesidad.
- Desnutrición.
- Embarazo a partir del sexto mes.
- Estrés intenso.
- Después de una enfermedad infecciosa (tuberculosis).
- Tratamiento con corticoides por vía interna, o incluso por vía tópica si el tratamiento es prolongado. ⁽⁷⁾

1.2.6. Factores desencadenantes

Hay múltiples factores que dan origen a las estrías:

- Factores mecánicos: Los cambios frecuentes y bruscos de peso someten a la piel a una distensión que provoca la ruptura de las fibras. Está demostrado que el 20% de las estrías se deben a este proceso.
- Factores endócrinos: Ocurre especialmente en la adolescencia donde por alteraciones hormonales, generalmente aumento de estrógenos, aparece la lesión. Son causantes del 30-70% de las estrías.
- Factores nutricionales: Mala alimentación, dietas de frutas, verduras y proteínas.
- Ejercicio físico intenso: Un ejercicio físico muy intenso puede romper las fibras elásticas de la piel.
- Embarazo: Aquí se mezclan la distensión de la piel y los trastornos hormonales. Son causantes del 30% de las estrías.
- Factores genéticos: En algunas familias se producen por una síntesis de colágeno alterada.

- Fármacos: La toma de corticoides provoca una disminución de la producción de colágeno y fibras elásticas de la dermis papilar que puede desencadenar en la aparición de estrías. ⁽⁸⁾

1.2.7. Localización

Pueden aparecer en:

- Abdomen.
- Senos.
- Brazos.
- Detrás de las rodillas.
- Caderas.
- Muslos.
- Glúteo.



Localización de las estrías ⁽⁹⁾

1.2.8. Recomendaciones generales para evitar las estrías

- Mantener un buen tono muscular, que proteja las distensiones de la piel.
- Llevar una alimentación equilibrada conservando un alto contenido proteico.
- Usar siempre un buen sostén, que evite el estiramiento de la piel de los pechos.
- Evitar las alzas bruscas de peso.
- Beber abundante agua.
- Humectar la piel diariamente para conservar su elasticidad. ⁽⁸⁾

1.2.9. Correlación clínica

Dada la estructura vascular de la dermis con fibras de colágeno, se pueden formar estrías o marcas de estiramiento, que constituyen una forma de cicatriz interna, debido a la lesión interna de esta capa cuando la piel se estira en forma excesiva. En esa situación, se rompen los enlaces laterales entre las fibras de colágeno adyacentes y los pequeños vasos sanguíneos de la dermis. Ésta es la razón por la cual las marcas de estiramiento se manifiestan en forma inicial como estrías rojas en los sitios donde se producen las rupturas. Luego, una vez que se desarrolla tejido cicatrizal (poco vascularizado) en las áreas con desgarros dérmicos, las marcas de estiramiento se presentan como estrías blanco-nacaradas. ⁽³⁾

1.3. TRATAMIENTO PARA LAS ESTRÍAS

1.3.1. Tratamientos conservadores para las estrías

No existe un tratamiento realmente curativo. La estría es una cicatriz, se puede intentar mejorar al igual que una cicatriz. Algunos proponen un tratamiento quirúrgico.

Como prevención se utilizan productos que dan flexibilidad a la piel y que disminuyen el riesgo de rotura de las fibras.

Los masajes orientan las fibras de colágeno. La piel masajeadada es más extensible, menos rígida. Los masajes son, por lo tanto, beneficiosos y pueden mejorar con principios activos en las cremas. Los productos propuestos pueden ser medicamentos o productos de higiene según la acción a la que estén destinados según los principios activos que tengan. ⁽⁷⁾

1.3.1.1. Productos cosméticos o de higiene

La mezcla más clásica está formada por extractos de hiedra, cola de caballo, diente de león. Contienen principalmente: extractos vegetales, especialmente el extracto de cola de caballo, que contiene silicio. El silicio orgánico actúa sobre el fibroblasto aumentando la capacidad de síntesis proteica. Pero la cola de caballo contiene silicio mineral, menos activo que el silicio orgánico. Los otros extractos (hiedra, diente de león) tienen una eficacia muy limitada, aunque el excipiente sea eficaz por sí mismo. Los extractos de harpagofito y de tepezcohuite son útiles por su capacidad cicatrizante. Se incorporan preferentemente productos de síntesis a base de silicio orgánico en forma de sodio lactato metil silanol o de metil selanol hidroxiprolina aspartato.

Las sustancias grasas se utilizan como flexibilizantes y para facilitar el masaje. Son, en particular el aceite de onagra, la manteca de karité, los ácidos grasos poliinsaturados y los insaponificables.

Los aminoácidos se incorporan en numerosas formulaciones como nutrientes celulares con el objetivo de estimular la síntesis fibroblástica.

Los antirradicales como la vitamina E y A, al igual que el β -caroteno se emplean para combatir el deterioro de las proteínas dérmicas. ⁽⁷⁾

1.3.1.2. Medicamentos

Contienen:

- N-acetilhidroxipilina que activa la biosíntesis de las proteínas, en particular del colágeno. Es eficaz en la prevención de las estrías. Necesita un excipiente muy penetrante que pueda vehiculizar el principio activo lo más lejos posible.
- La tretinoína. Varios estudios han demostrado su eficacia en las estrías recientes a una concentración del 0.1% con dos aplicaciones diarias.
- El Défiltran (acetazolamida: diurético) favorece la atenuación de las estrías sin que se conozca la razón de su acción.
- La hidrocotile o Centella asiática tiene una eficacia reconocida y actualmente se incluye entre los mejores «activos» para la prevención e incluso el tratamiento de las estrías.

Todas estas sustancias activas se encuentran en mezcla en las formulaciones para poder actuar a distintos niveles. Es necesario recordar que el tratamiento es ante todo preventivo, ya que es muy difícil actuar sobre las estrías formadas sobre todo en la segunda fase. (7)

1.3.1.3. Técnicas dermatológicas semi-quirúrgicas

La microdermoabrasión se realiza proyectando microcristales de hidroxilo de aluminio en la zona cutánea que se quiere tratar. La intensidad de la abrasión depende de la intensidad y la duración de la proyección; esta abrasión actúa a través de la dermis superficial tiene acción solamente sobre las estrías recientes. Sin embargo, son necesarias de 20 a 30 sesiones con un espacio de 1 mes entre ellas para observar el resultado.

El láser de colorantes a pulsos (585 nm) a bajo flujo (3 J/cm²) permite obtener un 50% de mejoría en la 6ª semana por aumento de la formación de elastina y de colágeno. Pero esta técnica sólo es activa sobre las estrías recientes.

El láser de CO₂ puede conseguir los mismos resultados.

No existen tratamientos para las estrías que tengan una larga experiencia. Solo se puede mejorar hasta cierta medida las estrías recientes, y el único medio eficaz continúa siendo la prevención. (7)



Técnicas de tratamiento (10)

1.4. TERAPIA ULTRASÓNICA

Las oscilaciones ultrasónicas son compresiones y dilataciones periódicas de la materia que se programa a través de la misma a una velocidad determinada a partir del generador que las origina.

El ultrasonido es una onda longitudinal asociada con el sonido que no es de naturaleza electromagnética. Las ondas electromagnéticas pueden transmitirse a través del vacío, pero las ondas sonoras requieren un medio para su transmisión.

Se entiende por tratamiento ultrasónico el empleo de vibraciones sonoras en el espectro no audible, con fines terapéuticos. (11)

1.4.1. Características

La producción de ultrasonidos se puede conseguir mediante generadores basados en tres mecanismos distintos:

- a) Vibraciones producidas en el aire: silbatos, sirenas, etc. Producen ultrasonidos de frecuencias bajas hasta 30 ciclos/segundo.

- b) Generadores magnetostrictivos: se producen los ultrasonidos por vibraciones de una varilla metálica. Producen ultrasonidos de frecuencias que llegan hasta 300 kilociclos/segundo.
- c) Generadores piezoeléctricos: las vibraciones son producidas por un cristal de cuarzo. Producen las frecuencias más altas, de más de 300 kilociclos/segundo. ⁽¹¹⁾

1.4.2. Fundamentos físicos y técnicos

Los radiadores de ultrasonidos piezoeléctricos adoptan su nombre del efecto piezoeléctrico, siendo actualmente los que más se emplean en medicina, puesto que presentan las potencias sónicas más elevadas.

La mayor frecuencia se impone en un cristal con cualidades piezoeléctricas. Algunos cristales poseen la propiedad de presentar cargas eléctricas en determinadas superficies de los mismos producidas por tracciones o compresiones mecánicas ejercidas perpendicularmente sobre su eje principal de simetría.

Un cristal natural de cuarzo se presenta bajo la forma de un prisma hexagonal terminado por dos pirámides hexagonales. El efecto piezoeléctrico es reversible, ya que el cristal al cual se aplican cargas eléctricas en determinadas superficies se comprime o dilata con la frecuencia que se inviertan los polos. Esto significa que, colocando una lámina de cuarzo tallada perpendicularmente a un eje polar, entre dos electrodos a los cuales se aplica una tensión eléctrica, dicha lámina sufre deformaciones mecánicas de acuerdo con el ritmo de la corriente.

El grosor de esta lámina aumenta cuando el campo eléctrico tiene una carga determinada y disminuye al invertirla. La piezoelectricidad es un fenómeno natural que se encuentra en ciertos cristales minerales, tales como el germanio y el cuarzo pero también puede ser sintetizado comercialmente, por ejemplo con el titanio-circonio PZT. Este cristal transforma la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa.

Actualmente se usan discos cerámicos electrostrictivos de titanato de bario o una mezcla de circonato y titanato de plomo. ⁽¹¹⁾

1.4.2.1. Absorción

Cuando la energía ultrasónica atraviesa los tejidos se van convirtiendo en calor. Cuando la dirección es perpendicular, la absorción puede ser tres veces mayor que cuando es paralela.

La absorción depende también de la frecuencia del ultrasonido, la cual es mayor a 3 MHz que a 1 MHz. La mayoría de tejidos blandos tienen un coeficiente de absorción bajo, aunque el del músculo es tres veces mayor que el de la grasa y los tendones; el del hueso y el pulmón es 40 veces superior al de los tejidos blandos. ⁽¹¹⁾

1.4.3. Efectos biológicos

Los efectos biológicos pueden considerarse como una respuesta fisiológica a las acciones mecánicas y térmicas. Entre los efectos directamente relacionados con los ultrasonidos están:

- a) Cambios en la actividad celular. Aumento en la permeabilidad de las membranas biológicas. Este efecto se observa tanto en las aplicaciones ultrasónicas continuas como en las pulsantes. Se debe a que las vibraciones mecánicas pueden forzar el paso de líquido tisular a través de la membrana celular y provocar variaciones en el potencial de membranas, variando la excitabilidad celular. Facilita la dispersión de las acumulaciones de líquido y del edema. Aumenta el metabolismo celular por elevación térmica local. Disminuye la contractilidad muscular.
- b) Efectos sobre la circulación sanguínea. Acción vasodilatadora y aumento de la circulación local y regional debido a:
 - Elevación térmica.

- Liberación de sustancias vasodilatadoras (histamina).
 - Depresión de la actividad ortosimpática.
 - Irradiación de los ganglios simpáticos
- c) Efectos sobre el tejido nervioso. Efecto antiálgico: el tejido nervioso tiene una capacidad selectiva de absorción de la energía ultrasónica. Son más sensibles a la irradiación ultrasónica las fibras del tipo B y C que las del tipo A. Estos efectos sobre el nervio aparecen rápidamente y duran unos 15 minutos tras la aplicación. La elevación del umbral de excitación de las aferencias nociceptivas refuerza esta acción. En dosis altas (2-3 W/cm²) aumentan la velocidad de conducción nerviosa. Dosis muy altas (>3W/cm²) producen bloqueos parciales o totales, reversibles debido al aumento de la temperatura (48-52 °C). En dosis bajas (menos de 0.5 W/cm²), que no produzcan elevación térmica en el nervio, pueden hacer disminuir la velocidad de conducción. Aumento de los valores de cronaxia. Relajación del espasmo muscular y de la contractura refleja. Inhibición a nivel de los ganglios simpáticos, con aumento de la circulación periférica. Según la dosis aplicada, los ultrasonidos pueden producir un aumento o disminución de los reflejos medulares. Aumento de la actividad enzimática en el cabo distal del axón en regeneración y aceleración del proceso de regeneración axónica a dosis bajas de 0.5 W/cm², mientras que dosis más altas (1 W/cm²) lo retrasa.
- d) Estimulación de la capacidad de regeneración de los tejidos. Intensidades de 0,5 W/cm² en aplicaciones pulsátiles 1:5 y con una frecuencia de 3 MHz, son las más efectivas para conseguir la cicatrización de las heridas.
- e) Efectos sobre el colágeno. Bajo la influencia del calor puede producirse un ablandamiento de las fibras de colágeno de los tendones y de las cápsulas articulares, lo que conduce a una mejor movilidad articular. ⁽¹¹⁾

1.4.3.1. Emisión continua y pulsante de los ultrasonidos.

Todos los aparatos actuales pueden dar los dos tipos de emisión, tanto la emisión continua como la pulsátil.

La emisión continua se utiliza casi exclusivamente como termoterapia profunda y selectiva en estructuras tendinosas o periarticulares. Su dosificación se controla mejor, ya que produce dolor perióístico si hay una sobrecarga térmica local. Como otras formas de calor profundo, está contraindicado en procesos inflamatorios agudos y traumáticos recientes, en zonas isquémicas o con alteraciones de sensibilidad. En cambio, a diferencia del electro diatermia magnética, puede darse en presencia de osteosíntesis metálicas.

La emisión pulsante es la utilizada actualmente por sus efectos positivos sobre la inflamación, el dolor y el edema. Está indicada en procesos agudos o inflamatorios, ya que con parámetros adecuados carece de efectos térmicos. Al no producir dolor perióístico se carece del aviso de sobredosis y hay que ser prudentes en intensidades medias y altas. ⁽¹¹⁾

1.4.3.2. Frecuencia del ultrasonido.

Si el aparato puede dar varias frecuencias como, la de 3 MHz está indicada para tratamientos superficiales (1-2 cm de la piel), y para tratamientos a mayor profundidad la de 1 MHz.

Si se posee una sola frecuencia estándar de 1 MHz, se consigue una acción superficial con dosis bajas y tiempos largos, y una acción profunda con dosis altas y tiempos cortos, siempre dentro de los límites de seguridad. ⁽¹¹⁾

1.4.3.3. Dosificación

La dosis efectiva que recibe una zona en tratamiento depende de la intensidad y frecuencia de emisión del aparato, del tiempo de aplicación, del medio de acoplamiento, de los movimientos del cabezal, de la profundidad y de la naturaleza de los tejidos más superficiales. ⁽¹¹⁾

1.4.3.4. Intensidad

Para emisión continua se considera dosis bajas las inferiores a 0.5 W/cm^2 y altas entre 1 y 1.5 W/cm^2 . En el tratamiento de zonas profundas se puede llegar con precaución a dosis muy altas de 2 W/cm^2 .

En forma pulsante la intensidad de pico en algunos aparatos puede llegar a 4 W/cm^2 , pero en las aplicaciones corrientes en procesos agudos o inflamatorios es aconsejable no sobrepasar 1.5 W/cm^2 . La tendencia actual es empezar siempre con dosis muy bajas y aumentarlas progresivamente según la respuesta del paciente. La aparición o aumento de molestias después de una sesión aconseja disminuir la dosis en sesiones siguientes. ⁽¹¹⁾

1.4.4. Técnicas de aplicación

Los ultrasonidos se transmiten con dificultad en el aire, donde sufren una rápida absorción. Al pasar directamente del emisor al aire se reflejan en un 100%. Por ello, es imprescindible rellenar el espacio entre el cabezal y la piel con una sustancia con buena conductibilidad acústica y de impedancia parecida a la de la piel. Estas sustancias son variadas, pero dependiendo de ellas podemos utilizar diferentes técnicas:

1.4.4.1. Técnica de contacto directo.

En estos casos, el cabezal se aplica sobre la piel previamente untada con una fina capa de sustancia o medio de contacto que permita una buena transmisión sónica. Las condiciones ideales para una sustancia de contacto son: elevada viscosidad, poca tendencia a formar burbujas, emulsionarse con el aire, elevada capacidad de transmisión acústica y bajo coste. Cuando se utilicen los ultrasonidos simultáneamente con electroterapia, debe tener además buena conductividad eléctrica.

Los medios de acoplamiento más utilizados son:

a) Aceites minerales o parafina líquida. Se consideran con adecuada capacidad de transmisión. Entre la parafina y la glicerina, es preferible esta última por su mejor transmisión

b) Geles. Son ideales para estos tratamientos, ya que están preparados especialmente para este tipo de aplicaciones. Existen preparados comerciales en forma de gel, con propiedades analgésicas, antiinflamatorias y vasodilatadoras. No es aconsejable utilizar productos para electrocardiografía o electroencefalografía porque pueden ser malos transmisores de los ultrasonidos, pudiendo dañar el cabezal.

c) Pomadas y cremas. Se utilizan menos que los geles. A veces son malas transmisoras de los ultrasonidos y hacen que continuamente se bloquee su emisión ya que estas sustancias contienen burbujas de aire y la cantidad de energía que llega a los tejidos es inferior al 80% de la dosis ajustada.

Una presión excesiva del cabezal disminuye el grosor de la sustancia de acoplamiento y en los movimientos puede dejar espacios insuficientemente preparados. ⁽¹¹⁾

1.4.4.2. Técnica de contacto indirecto.

Se aplica de dos formas:

a) Acoplamiento subacuático. Tratamiento bajo el agua.

b) Acoplamiento mixto. Tratamiento con almohadillas o globos de agua.

En ambos casos, este método se utiliza para tratar superficies rugosas que planten dificultades de acoplamiento del aplicador, o, en el caso del método subacuático, para tratar zonas muy dolorosas que no permitan el contacto del cabezal con la piel. En el acoplamiento subacuático se sumerge el cabezal y el segmento de la extremidad que se va a tratar en una cubeta con agua que actúa como transmisor o medio de contacto. Es el método ideal para tratar regiones irregulares, como la mano o el pie, en las que la presión del mismo resulta dolorosa.

Es preferible utilizar una cubeta grande de loza o plástico por que produce pocas reflexiones en las paredes. El metal no es aconsejable, ya que da lugar a muchas reflexiones y favorece los accidentes eléctricos en caso de deficiente aislamiento del cabezal.

El agua debe ser previamente desgasificada o hervida para evitar la formación de burbujas de gas que pueda impedir o disminuir la emisión de ultrasonidos. La temperatura adecuada es de 36-37°C; si está muy caliente o fría puede influir en la distribución del calor en profundidad, al favorecer o frenar la vasodilatación regional. El aplicador debe situarse a una distancia menor de 3 cm, para asegurar que sea el campo cercano el que actúa sobre los tejidos. Si la emisión es continua se moverá el cabezal de la misma forma que en el modo directo. ⁽¹¹⁾

1.4.4.4. Aplicación dinámica y semiestacionaria.

La modalidad dinámica es la habitual y consiste en deslizar el cabezal sobre la región que se va a tratar, con movimientos rectos o circulares, y en barridos parcialmente superpuestos. Los movimientos evitan la formación de los puntos calientes del haz estacionario y permiten tratar uniformemente una zona más extensa.

La amplitud y la rapidez de los barridos modifican esencialmente la dosis. En el ultrasonido continuo, cuando aparece dolor perióstico, se debe disminuir inmediatamente la dosis moviendo el cabezal con mayor rapidez y amplitud, y luego bajando la intensidad de emisión.

La modalidad semiestacionaria consiste en mover muy poco el cabezal para tratar zonas pequeñas o intensificar el efecto en un punto.

Requiere dosis bajas en muy estricta observación de no aparición de dolor local si se emplea ultrasonido continuo; normalmente se utiliza de forma pulsante.

Los movimientos del cabezal, aunque sean pequeños, serán siempre longitudinales o espirales, ya que la simple rotación sobre sí mismo no elimina las zonas calientes que se distribuyen en anillos a partir del eje central. ⁽¹¹⁾

1.4.5. Mecanismos de acción

El efecto terapéutico de los ultrasonidos obedece a varios factores:

a) Factor mecánico. La onda ultrasónica produce, en las partículas intracelulares y en las propias células, una compresión y descompresión rítmica que semeja a la acción de un micromasaje celular. Este movimiento mecánico tiene tres partes: vibración, movimiento de vaivén y presión. La amplitud del movimiento de vaivén se conoce como amplitud sónica y está en razón inversa de la frecuencia, siendo por lo tanto menor con 3 MHz que con 1 MHz. Por el contrario, la aceleración de este movimiento está en razón directa de la frecuencia, siendo mayores los efectos mecánicos cuanto mayor es la frecuencia. Esta aceleración está determinada por la presión y ésta a su vez por la energía del haz ultrasónico. Este efecto mecánico se realiza a tres niveles:

1. A nivel celular. Produce una alteración de la permeabilidad celular, por efecto bombeo sobre los componentes celulares, favoreciendo los procesos de difusión y mejorando el metabolismo celular.
2. Sobre los líquidos. Las acciones son: acción desgasificante. Al agrupar las burbujas microscópicas en burbujas mayores.
3. Sobre la piel. Estimula las terminaciones nerviosas sensitivas produciendo reacciones locales y generales.

b) Factor térmico. Este factor térmico va a depender:

1. De la reflexión en los límites tisulares. La energía ultrasónica absorbida por los tejidos se transforma en calor, lo que se conoce como diatermia ultrasónica. Esta absorción se ve facilitada cuando los tejidos son

heterogéneos ya que se refleja más el haz de ultrasonidos, determinando ondas transversales que se absorben mejor. Debido a este fenómeno de absorción, el efecto térmico en profundidad es pobre, ya que a una determinada distancia el haz se encuentra muy debilitado. Por otra parte, el sistema termorregulador impide la difusión, en profundidad, del calor.

2. Del fenómeno de interferencia. Tanto de la interferencia propia del haz como de la interferencia provocada por el fenómeno de reflexión en los tejidos. Por este motivo el efecto térmico sólo se manifiesta con las aplicaciones continuas de ultrasonidos y es máximo si la aplicación es, además, fija.
3. Del coeficiente de absorción. La cantidad de calor generado es variable, dependiendo de los tejidos irradiados, ya que está también en relación con el coeficiente de absorción de éstos. El calor se genera fundamentalmente en el tejido óseo, cartílago, tendones, tejido muscular y piel. Es difícil diferenciar los efectos fisiológicos debidos al factor térmico de los que lo son por el factor mecánico. Probablemente ambos se complementan e incluso se potencian.

c) Factor químico. Como consecuencia del efecto de micromasaje celular aparecen una serie de reacciones químicas, entre las que hay que destacar:

1. La liberación de sustancias vasodilatadoras. Producen acciones tanto locales como a distancia.
2. Acción coloidoquímica. Pudiendo transformar geles en sales.
3. Modificaciones en las cargas eléctricas celulares. ⁽¹¹⁾



Mecanismos de acción del ultrasonido ⁽¹²⁾

1.4.6. Efectos terapéuticos

Los efectos de los ultrasonidos sobre los diferentes tejidos son los siguientes:

- a) Tejido óseo. El hueso tiene un gran coeficiente de absorción y una impedancia acústica elevada, reflejando el 30% de la energía ultrasónica. Si además tenemos en cuenta que tiene una buena conductividad térmica, llegamos a la conclusión de que es un tejido que difícilmente sufre un sobrecalentamiento. Sin embargo, en los tejidos adyacentes la situación es diferente y estará en relación con la posición de los tejidos respecto al haz de ultrasonido y el hueso. Así, los tejidos situados por delante del hueso (periostio y músculo) reciben el haz incidente y reflejado, produciéndose un fenómeno de interferencia local, que hace que aumente la temperatura en ellos. Si el calentamiento es grande, el periostio, que está muy bien inervado, duele y nos alerta sobre una posible sobredosificación. Los tejidos situados por detrás del hueso, por estos fenómenos de absorción y reflexión del haz, no reciben energía ultrasónica.
- b) Tejido muscular. Debido a su baja absorción y a su buena vascularización se calienta poco. Tan sólo en las zonas mal vascularizadas (isquemias, contracturas) y en las cercanas al hueso se calienta algo más.

- c) Tejidos tendinosos y ligamentosos. Se calientan fácilmente al producirse en ellos reflexiones del haz ultrasónico. La acción esclerótica del ultrasonido aparentemente, aumenta la extensibilidad de los tendones, lo cual es importante en los acortados por inflamación, limitaciones o enfermedad, y proporciona una fórmula excelente para el tratamiento del espasmo.
- d) Sistema nervioso periférico. Los nervios periféricos tienen un buen coeficiente de absorción y pueden sufrir un sobrecalentamiento. Dosis que produzcan un calentamiento moderado mejoran la velocidad de conducción. Dosis bajas, atérmicas, favorecen el proceso de reinervación. Dosis elevadas pueden dar calambres y parestesias.
- e) Sobre órganos huecos (ojos, vejiga, pulmones, corazón, útero). Puede haber calentamiento importante por absorberse gran cantidad de energía ultrasónica y producirse fácilmente reflexiones del haz. Utilizan intensidades bajas o métodos pulsantes. Sobre el útero grávido hay una contraindicación absoluta durante los primeros meses del embarazo.
- f) Cartílagos en el niño. Es prudente aplicar el ultrasonido local sólo cuando exista una indicación precisa, con dosis bajas, cabezal móvil y sin llegar nunca a la aparición de dolor perióístico. Se puede alterar el cartílago de crecimiento óseo.
- g) Sobre los materiales de osteosíntesis. No existe contraindicación alguna. Sobre estos materiales se produce una reflexión total del haz de ultrasonidos, pudiendo calentarse los tejidos adyacentes. Si queremos evitar un calentamiento excesivo de estos tejidos utilizaremos el método pulsante, con dosis bajas. Las prótesis totales de cadera o rodilla cementadas o con elementos plásticos o cerámicos constituyen una contraindicación para ultrasonido continuo. Lo mismo puede decirse para los implantes acrílicos, de silicona y dispositivos intrauterinos.
- h) Marcapasos y estimuladores implantados. Contraindican formalmente la aplicación de ultrasonidos en la proximidad o superficie. Aunque no existe un peligro tan grave como en las aplicaciones de ondas

electromagnéticas, el ultrasonido puede producir averías mecánicas por vibración o calentamiento de elementos del circuito. ⁽¹¹⁾

1.4.7. Indicaciones terapéuticas

En general, los ultrasonidos tienen una acción muy selectiva sobre las fascias, tendones, hematomas, fibrosis musculares y cutáneas, etc., por lo tanto, aquí es donde tienen su gran campo de actuación.

Existen dos factores fundamentales que limitan su uso:

- a) El área de tratamiento. No pueden tratarse áreas superiores a los 75 cm² con cabezal de 5 cm², ya que el tiempo máximo de tratamiento es de 15 minutos.
- b) La profundidad. Debido a los fenómenos de absorción y reflexión, la acción en profundidad no sobrepasa de los 3-4 cm, por lo que procesos situados por debajo de esta distancia no son susceptibles de ser tratados con ultrasonidos.

A la hora de establecer la indicación terapéutica es importante elegir la técnica precisa. Los ultrasonidos continuos tienen una acción fundamentalmente térmica y son muy adecuados para hacer tratamientos sobre zonas fibrosadas y cicatrices.

Los ultrasonidos pulsantes, que no tienen efecto térmico, se utilizan por su efecto analgésico, antiinflamatorio y descontracturante muscular.

Las indicaciones terapéuticas más importantes son:

- a) Traumatismos de partes blandas. El tratamiento va a variar dependiendo de la agudeza del proceso. En la fase aguda (48-72 horas del traumatismo) utilizar ultrasonido pulsante 1:5, a dosis bajas de 0.2-0.5 W/cm² y siempre que la piel esté íntegra. En la fase subaguda aplicar ultrasonidos pulsantes; subir progresivamente la dosis hasta conseguir una dosis media. Después se puede pasar a ultrasonido continuo.

- b) Lesiones ligamentosas y tendinosas (esguinces y tendinitis). Si son recientes comenzaremos con ultrasonidos pulsantes y dosis bajas e iremos aumentando la intensidad progresivamente. Finalizaremos con ultrasonidos continuos. Se puede utilizar la fonoforesis con geles antiinflamatorios.
- c) Retracciones musculares y fibrosis músculo-tendinosas. Se emplean en estos casos debido a la capacidad que tienen para modificar las condiciones visco elásticas de los tejidos cicatricial y fibroso debido al aumento de la temperatura que produce en ellos. Se utilizan ultrasonidos continuos y a dosis altas.
- d) Cicatrices y queloides. Después de quitar los puntos de sutura, se aplican ultrasonidos continuos a dosis 0.5-0.75 W/cm². En los queloides se utilizan dosis parecidas. Se puede también utilizar la sonoforesis con geles antiinflamatorios.
- e) Zonas de gatillo (trigger points). Se aplican los ultrasonidos pulsantes a dosis bajas y tiempos cortos, inferior a 3 minutos por punto. El ultrasonido continuo no es aconsejable ya que produce puntos calientes que, dada la mayor sensibilidad y posible isquemia local en el músculo fibrosítico, pueden provocar lesiones tisulares.
- f) Úlceras y decúbitos. Se han descrito buenos resultados en las úlceras varicosas, aunque no se deben tratar si existe trombosis, flebitis o tromboflebitis reciente. Es mejor utilizar la técnica subacuática (con limpieza y desinfección adecuada del recipiente, antes y después del tratamiento). Irradiar preferentemente los bordes, con 0.2 a 1 W/cm², ultrasonido pulsante 2-6 minutos en días alternos de 10-30 sesiones.
- g) Dermatología. Están indicados los ultrasonidos en eccemas, acné, ántrax, piodermatitis, abscesos, etc. Se aplican ultrasonidos de 3 MHz, de acción superficial. ⁽¹¹⁾

1.4.8. Contraindicaciones

Las contraindicaciones pueden ser

a) Contraindicaciones absolutas

1. Ojos. Puede producirse desprendimiento de retina.
2. Corazón. Puede modificar el potencial de acción al actuar sobre el fascículo de His.
3. Útero. Contraindicación absoluta sobre el útero gestante al poder alterar los tejidos embrionarios. No tratar con ultrasonido continuo la región uterina de pacientes portadoras de dispositivos intrauterinos (DIU), por poder producirse un aumento térmico a ese nivel y poder desplazarse el dispositivo por las vibraciones; en estos casos se utilizará ultrasonido pulsante. Durante la menstruación y días próximos se evitará la irradiación ultrasónica sobre el área uterina.
4. Cartílagos de crecimiento. Hasta hace poco era una contraindicación absoluta, al haberse detectado alteraciones epifisarias con los ultrasonidos continuos. Hoy día, utilizando ultrasonidos pulsantes y dosis bajas, este peligro ha desaparecido.
5. Tejidos neoplásicos. Puede provocarse una diseminación tumoral.
6. Hemorragias recientes. Pueden aumentar el cuadro hemorrágico.
7. Tromboflebitis. Pueden originarse embolias debidas a desprendimiento del trombo.
8. Traumatismos recientes. Debido a los efectos mecánicos del ultrasonido sobre los pequeños vasos traumatizados, que pueden llegar a romperlos está contraindicada su utilización terapéutica durante las primeras 48 horas.
9. Inflamaciones sépticas. Por poder provocar una diseminación bacteriana
10. Coagulopatías. Está contraindicado tanto en los estados de hiper como de hipocoagulabilidad, por lo cual es peligroso en los pacientes heparinizados.
11. Ganglios simpáticos. Debe evitarse su irradiación, especialmente sobre el ganglio estrellado y si el paciente es cardiópata.

b) Contraindicaciones relativas

1. Alteración de la sensibilidad. Debe tenerse especial cuidado en estos pacientes. Se utilizan dosis bajas y método pulsante.
2. Material de osteosíntesis.
3. Endoprótesis y cemento de unión. ⁽¹¹⁾

1.4.9. Efectos de los ultrasonidos

Cuando los ultrasonidos entran en el organismo, ejercen un efecto sobre las células y los tejidos mediante dos mecanismos físicos: térmicos y no térmicos. Es esencial comprender estos mecanismos, pues algunos tienen un efecto estimulador de los procesos de reparación tisular, mientras que otros son potencialmente peligrosos.

1.4.9.1. Efectos térmicos

Cuando los ultrasonidos atraviesan un tejido, un porcentaje de los mismos se absorbe, lo que causa la producción de calor en dicho tejido. La cantidad de absorción depende del tipo de tejido, de su grado de vascularización y de la frecuencia del ultrasonido aplicado. Los tejidos con un contenido proteico elevado absorben los ultrasonidos con más facilidad que los que tienen un alto contenido de grasa. Además, cuanto mayor es la frecuencia del ultrasonido, mayor es la tasa de absorción. Se puede lograr efecto significativo desde el punto de vista térmico si la temperatura del tejido se eleva a 40-45 ° C, durante al menos 5 minutos. El calentamiento controlado puede producir unos efectos deseables (Lehmar De Lateur 1982), como alivio del dolor, disminución de la rigidez articular y aumento del flujo sanguíneo local. Los beneficios terapéuticos del calentamiento tisular están bien establecidos, pero los ultrasonidos son relativamente ineficaces lo hora de producir un cambio térmico suficiente en los tejidos para lograr este efecto terapéutico. ⁽¹¹⁾

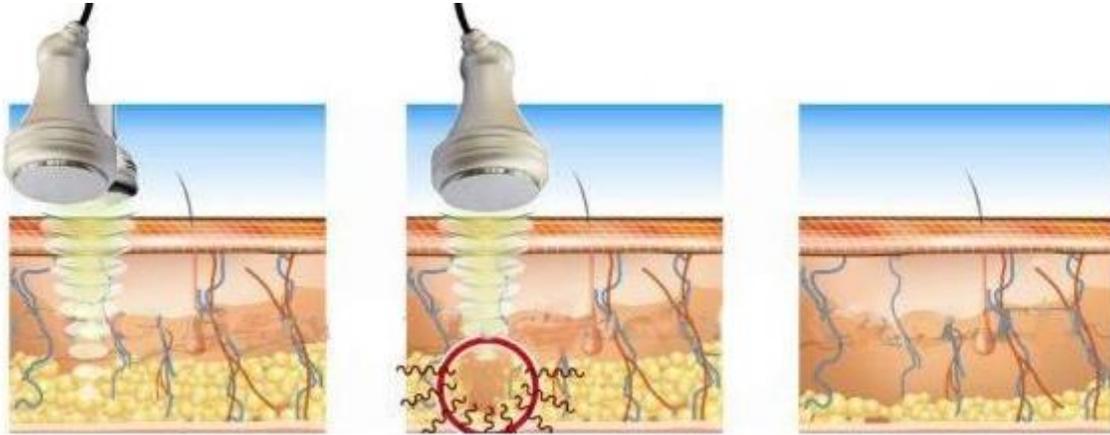
1.4.9.2. Efectos no térmicos

Hay muchas situaciones en las que los ultrasonidos producen efectos biológicos sin que exista un cambio significativo de temperatura. El término (no térmico) en este contexto se refiere al hecho de que no se produce una acumulación evidente de calor en los tejidos a veces se denomina efecto «microtérmico».

Existen evidencias que indican que los mecanismos no térmicos desempeñan un papel esencial a la hora de producir un efecto significativo desde el punto de vista terapéutico: estimulación de la regeneración tisular, reparación de los tejidos blandos, el flujo sanguíneo en los tejidos con isquemia crónica, la síntesis proteica y la consolidación ósea. Los mecanismos físicos que se cree que están implicados en la producción de estos efectos no térmicos son: la cavitación, las corrientes acústicas y las ondas estacionarias. ⁽¹¹⁾

1.4.9.3. Cavitación

Los ultrasonidos pueden dar lugar a la formación de burbujas o cavidades de un tamaño micrométrico en los líquidos que contienen gases. En función de la amplitud de presión de la energía, las burbujas resultantes pueden ser útiles o peligrosas. Las amplitudes de baja presión producen burbujas que vibran hasta un grado en el que se producen cambios de permeabilidad reversibles en las membranas celulares próximas al fenómeno de cavitación.



Efecto de la cavitación ⁽¹³⁾

Los cambios de la permeabilidad celular a varios iones, como el calcio, tienen un efecto muy marcado en la actividad de la célula. Las amplitudes de alta presión pueden producir un fenómeno de cavitación más violento (a menudo denominado cavitación transitoria o colapso). Durante este fenómeno, las burbujas se colapsan durante la parte de presión positiva del ciclo con tal violencia que se generan presiones superiores a 1.000 MPa y temperaturas mayores de 10.000 °K. Este comportamiento violento puede dar lugar a la formación de radicales libres muy reactivos. Aunque las células producen radicales libres de forma natural, se eliminan por los sistemas antioxidantes. Sin embargo, una producción de radicales libres que supere la capacidad de los sistemas antioxidantes podría ser lesiva. Si se evita un campo de onda estacionaria y se emplean intensidades bajas durante el tratamiento será improbable que se produzca cavitación, y no hay evidencias de que estos efectos se logren en los tejidos con la terapia con ultrasonidos si se emplean de forma adecuada. Algunas aplicaciones de los ultrasonidos usan de forma deliberada el efecto de cavitación inestable (ultrasonido focalizado de alta intensidad). ⁽¹⁴⁾

1.5. CAVITACIÓN

Se trata de un fenómeno que produce cavidades microscópicas en el núcleo de las células de los tejidos y pueden aparecer pequeños hematomas cercanos al área

tratada. Es un efecto mecánico que consiste en la formación de burbujas que pueden converger, llegando a la destrucción de estructuras subcelulares. ⁽¹¹⁾

1.5.1. Efectos no térmicos del ultrasonido terapéutico

Los efectos no térmicos del ultrasonido terapéutico se atribuyen principalmente a una combinación de los efectos de la cavitación y de la transmisión acústica.

La cavitación, en su sentido más simple, se refiere a la formación de burbujas llenas de gas dentro de los tejidos y fluidos corporales.

Hay 2 tipos de cavitaciones: estables e inestables, que tienen efectos muy diferentes. La cavitación estable es la formación y crecimiento de las burbujas por acumulación de gas disuelto en el medio, parece ocurrir a dosis terapéuticas del ultrasonido. La cavitación inestable es la formación de burbujas en el momento de menor presión del ciclo del ultrasonido, por lo tanto, estas burbujas colapsan muy rápidamente liberando una gran cantidad de energía que es perjudicial para los tejidos. En la actualidad no hay evidencia que sugiera que este fenómeno se produce a niveles terapéuticos si se utiliza una buena técnica. ⁽¹⁵⁾

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Argumentación

Las estrías son atrofiás cutáneas de forma lineal. Se presentan como cicatrices al principio rojizas, después blancas nacaradas, indelebles que aparecen progresivamente.

Las estrías son un problema tanto estético como fisiológico, que afecta de forma considerable el sistema tegumentario ya que hay cambios de elasticidad, color y volumen en el tejido de la zona de aparición; por tanto, afectan también en la apariencia y estética de la piel, lo que se considera un problema grave en las jóvenes. Su aparición se vuelve un problema social gracias a que la aceptación de la apariencia física va en contra del pensamiento tradicional de la sociedad y se prefiere continuar viviendo bajo los típicos estereotipos presentados en todos los medios.

No hay un tratamiento específico para desaparecer realmente las estrías de la piel, pero existen varias técnicas que han ayudado a la prevención y reducción de éstas, tales como: masajes con alguna crema, productos de higiene estética cosméticos, medicamentos y técnicas dermatológicas semi-quirúrgicas.

La cavitación ultrasónica es un tratamiento de remodelación corporal que evita las intervenciones quirúrgicas, siendo la mejor alternativa para la reducción de las estrías. La cavitación es un efecto mecánico del ultrasonido terapéutico que se va a utilizar para masajear la piel formando burbujas en los tejidos afectados, es un hecho físico y su aplicación en la estética ha sido comprobada obteniendo resultados clínicos favorables.

2.2. Pregunta de investigación

¿Cuál es la efectividad de la aplicación de cavitación ultrasónica para el tratamiento en la reducción de estrías en alumnas de 20 a 25 años de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México?

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad podemos darnos cuenta que la sociedad otorga a la estética una importancia quizás excesiva en la que la apariencia física juega un papel importante dentro del bienestar personal principalmente en las mujeres.

Las estrías son lesiones cutáneas atróficas lineales o fusiformes de longitud variable que aparecen por una pérdida de elasticidad del tejido conjuntivo y por la posterior ruptura de las fibras elásticas y colágenas que soportan la piel.

Las complicaciones de las estrías dependen del color que esta posea, ya que entre más nacarado o blanquecino sea su color, más profundo es el daño a los tejidos y menor irrigación sanguínea tendrá, a comparación de las estrías color rojo-violeta.

Derivado de esto, la importancia que la fisioterapia dentro del área estética como una terapéutica que ayuda a mejorar el bienestar y la calidad de vida de las mujeres, lo cual permite prevenir problemas psicológicos y de autoestima que se presentan en las mujeres como consecuencia de la inseguridad que se muestra ante esta situación.

Es importante tratar las estrías en la población juvenil ya que se ha visto que estas son cicatrices de un aspecto desagradable, muchas veces impidiendo a las mujeres jóvenes de 20 a 25 años aceptar su cuerpo, además de que se pierden propiedades de la piel y el tejido conectivo como es la elasticidad dada por el colágeno, su color y la depresión que se observa en la zona afectada.

Por ello, el presente proyecto pretende reducir la severidad de las fases de las estrías en la población estudiantil femenina de la Facultad de Medicina de la UAEM, mediante la utilización de cavitación ultrasónica con la cual se pretende mejorar las condiciones estéticas de las pacientes, aumentando así la seguridad y el bienestar personal de las alumnas.

4. HIPÓTESIS

El tratamiento con cavitación ultrasónica tendrá eficacia para la reducción de estrías en la mayoría de las alumnas de 20 a 25 años en la Facultad de Medicina de la UAEM.

5. OBJETIVOS

5.1. General

- Determinar la efectividad de la cavitación ultrasónica para la reducción de estrías en alumnas de 20 a 25 años de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México.

5.2. Específicos

- Evaluar en las alumnas la incidencia de estrías.
- Determinar los parámetros en los que la terapia ultrasónica son más efectivos para la reducción de estrías mediante las valoraciones (inicial y final).
- Comparar los efectos de la terapia ultrasónica en el tratamiento de las estrías en sus diferentes estadios.
- Comparar efectividad en base a edad, peso, actividad física y dieta de las pacientes.

6. MÉTODO

6.1. Tipo de estudio

El presente trabajo fue un estudio de tipo experimental, observacional y comparativo.

6.2. Universo de trabajo

15 a 20 alumnas de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México, que presentaron estrías.

6.3. Criterios de inclusión

- Alumnas de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- Que estuvieron inscritas en el periodo 2018 B.
- Alumnas que presentaron estrías de acuerdo a la Escala a utilizar en glúteos, caderas o abdomen.
- De entre 20 y 25 años de edad.
- Sexo femenino.
- Que contaron con hoja de consentimiento válidamente informado, firmada y autorizada.

6.4. Criterios de exclusión

- Alumnas que presentaron enfermedades dermatológicas en la zona a tratar.
- Alumnas que presentaron alteraciones en el sistema cardiovascular.
- Alumnas que presentaron enfermedades reumáticas.
- Alumnas que presentaron cáncer o trombos.

- Alumnas embarazadas.
- Sexo masculino.

6.5. Criterios de eliminación

- Si se observó alguna reacción alérgica al tratamiento con el material empleado en este estudio.
- No asistió a dos o más sesiones de tratamiento.
- Dermatitis activa.
- Fiebre.
- Heridas abiertas o infectadas.
- Pacientes que modificaron sus características iniciales (actividad física, dieta, tratamientos dermatológicos).

6.6. Variables

6.6.1. Dependiente

- Estrías

6.6.2. Interviniente

- Tratamiento con cavitación ultrasónica.

6.6.3. Independiente

- Edad
- Peso
- Actividad física
- Dieta

VARIBLE	DEFINICIÓN TEORICA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA
---------	-----------------------	---------------------------	---------------------	---------------------

Estrías	Son lesiones cutáneas atróficas lineales o fusiformes de longitud variable que aparecen por una pérdida de elasticidad del tejido conjuntivo y por la posterior ruptura de las fibras elásticas y colágenas que soportan la piel.	Mediante la observación se determinará la presencia de estrías y el estadio en el cual se encuentran.	Variable Cualitativa	Presentes: si se observa formación de líneas rojizas en la piel ligeramente elevadas: Fase 1. O bien, si se observa un estado en la piel donde las estrías se vuelven blancas y ligeramente deprimidas: Fase 2. Ausente: si en la piel no se encuentran ninguna de las características antes mencionadas.
Terapia de cavitación ultrasónica	La cavitación es un efecto mecánico del ultrasonido terapéutico que se va a	Efecto no térmico generado por ondas de sonido que producen micro burbujas	Variable cuantitativa.	Frecuencia medida en MHz.

	utilizar para masajear la piel formando burbujas en los tejidos afectados.	en el tejido dérmico buscando un efecto de masaje.		
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un ser vivo hasta la fecha de ingreso al estudio.	Edad en años reportada por la paciente. Anexo 1 (ítem 2).	Variable cuantitativa	Años cumplidos.
Peso	Fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo, por acción de la gravedad.	Peso en kilogramos medido en una báscula. Anexo 1 (ítem 7).	Variable cuantitativa	Kilogramos.
Actividad física	Cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía.	Descripción del tipo de actividad que realiza el paciente y tiempo en minutos, referido por la paciente. Anexo 2 (ítem 1-5).	Variable cuantitativa	Tiempo (minutos) Frecuencia (días a la semana)

Dieta	Conjunto de alimentos y platillos que se consumen cada día y constituye la unidad de la alimentación.	Describir el tipo de dieta y el número de comidas que realiza la paciente al día, referido por ella. Anexo 1 (ítem 20).	Variable cualitativa	Número de comidas al día.
-------	---	---	----------------------	---------------------------

6.7. Instrumentos de investigación

6.7.1. Cédula de recolección de datos (Anexo 1).

Descripción: es una herramienta que nos servirá para recolectar la información que se obtuvo de cada uno de los pacientes, consta de 4 secciones:

1. Datos Personales (Anexo 1).
2. Evaluación física (Anexo 2).
3. Asistencia al tratamiento (Anexo 3).
4. Notas de evolución.
5. Escala Visual de Vancouver (Anexo 4).

6.7.2. Validación:

No requiere validación porque son datos generales de la paciente.

Aplicación: esta herramienta se aplicará durante el desarrollo de la investigación, para su llenado se empleará la entrevista y la exploración física para poder obtener información sobre las condiciones en las que se ingresa y evolucionan las pacientes

que participen a la investigación. Para su llenado se dividió en 4 secciones, mismas que se describen a continuación:

- La *primera parte* de la cédula es la concentración de datos personales, en esta sección se registrará nombre, edad, número de cuenta, licenciatura, peso, talla, fecha de ingreso y egreso al estudio, fecha de aparición de las estrías.
- La *segunda parte* de la cédula es la evaluación física, esta se va a dividir en 15 valoraciones (una en cada sesión de tratamiento) donde se va a determinar por medio de la observación y la utilización de la Escala Visual de Vancouver se va a determinar, en primer lugar, el estadio en el que se encuentre la paciente (leve o grave) y, posteriormente, el avanza que se va a obtener (mejorando la apariencia y el color de la zona de la piel).
- La *tercera parte* de la cédula es la asistencia al tratamiento, se anotará la fecha en la que el paciente ingresará al estudio y se marcarán los días en los que asistirá a recibir el tratamiento.
- La *cuarta parte* de la cédula son las notas de evolución, en esta se registrará la fecha, el tiempo de tratamiento y las observaciones necesarias.
- La *quinta parte* es la Escala de Valoración de Vancouver ⁽¹⁶⁾, que se tomará en cuenta para la valoración y la evaluación final de las pacientes de acuerdo a estos criterios.

6.8. Desarrollo del proyecto

6.8.1. Material

- Equipo de ultrasonido
- Gel
- Toallitas absorbentes
- Báscula calibrada
- Publicidad: carteles, volantes.

6.8.2. Método

En este estudio se verificó que cada paciente cumpliera con los criterios de inclusión y exclusión y que fue firmada la hoja de consentimiento válidamente informado, de forma anticipada al inicio del tratamiento.

Posteriormente se describió paso a paso el método de la investigación:

Promoción de proyecto:

Se realizó la invitación a las alumnas de la facultad de medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México a través de carteles y volantes dentro de la misma facultad, también se utilizó publicidad mediante redes sociales.

Valoración:

En este proceso el terapeuta valoró la zona afectada y determinó si existe o no la presencia de estrías, de acuerdo a la Escala de Vancouver. Además, se tomó una evidencia fotográfica que nos permitió visualizar los resultados finales.

Ingreso del paciente al protocolo:

La paciente después de ser valorada por el personal correspondiente, debió responder, mediante una entrevista, los cuestionarios establecidos para la recolección de datos necesarios en el estudio.

Aplicación del tratamiento:

En esta etapa de la investigación se inició con la aplicación del tratamiento en la zona afectada (cadera, glúteos o abdomen). Estas sesiones de tratamiento se realizaron los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes, con una duración de 20 minutos por sesión. En todas las sesiones se verificó la condición de la piel de la zona de tratamiento antes y después de haberlo iniciado.

Modalidad: Pulsátil 1:1

Frecuencia: 3 MHz.

Velocidad: 1.5 m/s.

Intensidad: 1 W/cm².

Resultados:

Al término del tratamiento, se realizó una valoración final comparando la evidencia fotográfica y la valoración de la Escala de Vancouver de la valoración inicial con las obtenidas al final en la última sesión; lo que se buscó es que las características de la piel de la zona afectada sea lo más parecido a la del resto del cuerpo.

6.9. Límite de espacio

- Laboratorio de Terapia Física de la Facultad de Medicina

6.10. Límite de tiempo

- De Febrero 2018 a Junio de 2019.

Cronograma de actividades.

Elaboración de protocolo	Febrero a Mayo de 2018
Presentación del protocolo	25 de Mayo de 2018
Desarrollo del proyecto	Septiembre a Diciembre de 2018
Análisis de los datos recabados	Enero a Marzo de 2019
Redacción de resultados	Marzo a Abril de 2019
Presentación de tesis	Mayo a Junio de 2019

6.11. Diseño de análisis

Se realizó un concentrado de datos, identificando las variables analizadas en la población, para posteriormente ser sometidas a análisis, clasificación y hacer una tabulación de los datos obtenidos los cuales sirvieron para hacer una interpretación de resultados mediante el uso de cuadros y gráficas que sirvieron para comparar el uso de la cavitación ultrasónica en la reducción de estrías y los parámetros utilizados en cada fase de estas, y así, obtener las conclusiones de dicha investigación.

7. ORGANIZACIÓN

Tesista:

Cinthy Victoria Cantor Cuevas

Alumna de la Licenciatura en Terapia Física de la décimo cuarta generación de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Directores de tesis:

Dr. José Antonio Estrada Guadarrama

Laboratorio de Neuroquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México.

L.T.F. Liliana Marlem Perdomo

Docente de la Licenciatura en Terapia Física de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México.

8. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

	MATERIAL	COSTO
1	Gel	\$350
2	Toallitas	\$100
3	Bascula	\$200
4	Fotocopias, impresiones y engargolados	\$300
5	Empastado	\$560
6	Tramite	\$2481
7	Imprevistos	\$399 (10%)
	TOTAL	\$4390.00

Los gastos de este proyecto fueron absorbidos totalmente por la estudiante tesista.

Este protocolo de investigación generó gastos de entre \$4,000.00 y \$5,000.00 M.N. que abarcó desde la elaboración del protocolo y desarrollo del proyecto hasta la presentación de la tesis, y los cuáles fueron absorbidos totalmente por la estudiante tesista que desarrolló el proyecto.

9. IMPLICACIONES ÉTICAS

De acuerdo a los criterios de Helsinki para la investigación en seres humanos, previo consentimiento informado (Anexo 5) y respetando confidencialidad de los datos, no se hizo uso inadecuado de la información recabada en el transcurso de esta investigación.

Cada participante firmó un consentimiento en el cual quedaron estipuladas las condiciones y la finalidad de esta investigación, así como el uso que se le dio a los datos recabados.

10. RESULTADOS

10.1. Características de la población de estudio

La población de estudio estuvo conformada por 21 participantes femeninas de entre 21-25 años, inscritas en el ciclo escolar 2018 B, alumnas de la facultad de medicina de la UAEM, a las que se les realizó una valoración inicial y final para determinar el tipo de estrés que presentaban antes y después del estudio, información resumida en la tabla 1 (figura 1). Para dicha valoración se utilizó la escala de Vancouver (Anexo 4), las participantes coincidieron en que las principales circunstancias de desarrollo de las estrés son en la etapa de la pubertad, después de comenzar hacer ejercicio o en el proceso de embarazo.

SUJETO	EDAD	SEXO	PESO	TALLA	LICENC	PIGM V. I.	VASC V. I.	GROSOR V. I.	PIGM V. F.	VASC V. F.	GROSOR V. F.
Sujeto 1	20	F	54	1.63	TF	1	4	1	0	1	0
Sujeto 2	22	F	51	1.5	TO	1	4	1	1	1	1
Sujeto 3	20	F	64	1.65	TF	1	1	0	1	0	0
Sujeto 4	20	F	54	1.53	TF	1	1	0	0	1	0
Sujeto 5	23	F	63.5	1.62	TF	1	1	0	0	0	0
Sujeto 6	22	F	61	1.68	TF	1	4	1	0	1	0
Sujeto 7	21	F	66	1.57	TF	1	4	1	1	1	0
Sujeto 8	21	F	63	1.58	TF	2	3	1	0	1	1
Sujeto 9	20	F	62	1.6	TF	1	4	0	0	1	0
Sujeto 10	20	F	58	1.63	TF	1	4	1	0	0	0
Sujeto 11	25	F	61	1.58	TF	0	1	0	0	0	0
Sujeto 12	25	F	60.5	1.61	TF	1	1	0	0	1	0
Sujeto 13	22	F	51.5	1.62	TF	1	4	1	0	0	0
Sujeto 14	25	F	65	1.62	TF	2	3	1	No aplica	No aplica	No aplica
Sujeto 15	20	F	58	1.64	TF	1	4	0	No aplica	No aplica	No aplica
Sujeto 16	20	F	78	1.59	TF	1	1	1	No aplica	No aplica	No aplica
Sujeto 17	23	F	63	1.56	TF	1	1	0	No aplica	No aplica	No aplica
Sujeto 18	24	F	79	1.6	TF	1	4	0	No aplica	No aplica	No aplica
Sujeto 19	25	F	53	1.55	TF	1	1	1	No aplica	No aplica	No aplica
Sujeto 20	25	F	87	1.61	TF	1	1	1	No aplica	No aplica	No aplica
Sujeto 21	24	F	77	1.64	TF	2	3	2	No aplica	No aplica	No aplica

Figura 1. Características de la población de estudio.

Como se observa en la siguiente gráfica (figura 2), el rango de edad de la población participante en el estudio variaba de entre 20 a 25 años, donde de 21 participantes totales la edad que más predominó sobre ellas fue 20 años con 7 participantes, los

datos se obtuvieron por medio de las fichas de identificación de las mismas participantes.

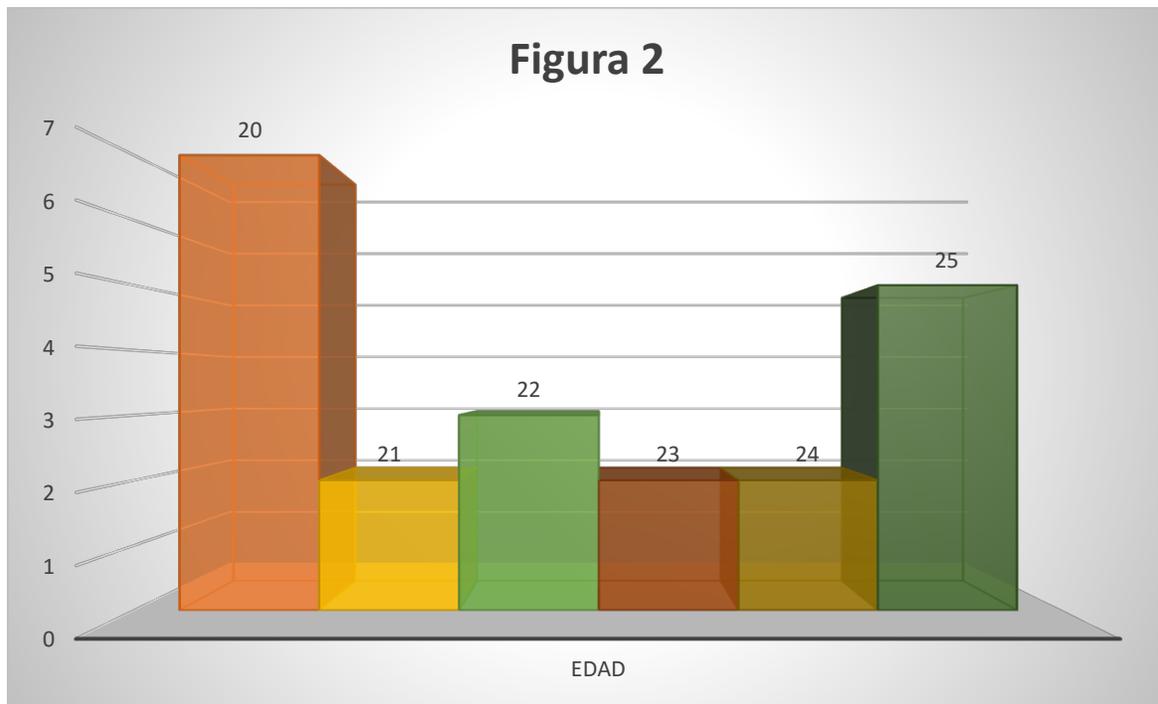


Figura 2. Edad de las participantes.

10.2. Valoración inicial de la zona con estrías

Se realizó una valoración inicial en base a la Escala de Vancouver (Anexo 4) donde hay tres aspectos a considerar en cuanto a la zona con estrías: color, vascularidad y altura o grosor. Estas valoraciones se aplicaron en la zona a tratar de cada una de las participantes, glúteos (Figura 3) o caderas (Figura 4) o abdomen (Figura 5) debido a que son estas zonas las que generalmente son más común que aparezcan las estrías. Además de eso se utilizó este espacio para que las participantes llenaran los datos de su ficha de identificación (Anexo 1), un cuestionario sobre su actividad física (Anexo 2) y el consentimiento informado (Anexo 5).



Figura 3. Participante con estrías en glúteos antes del tratamiento.



Figura 4. Participante con estrías en caderas antes del tratamiento.



Figura 5. Participante con estrías en abdomen antes del tratamiento.

De acuerdo a los valores reflejados en la gráfica de pigmentación valoración inicial (Figura 6) se obtuvo un total de 1 participante, 4.7% de la población, con pigmentación normal, 17 participantes, 81% de la población, con una hipopigmentación y 3 participantes, 14.2%, con una hiperpigmentación en la zona de estrías a tratar, estos resultados de obtuvieron bajo los criterios de la escala de Vancouver en su apartado de pigmentación.

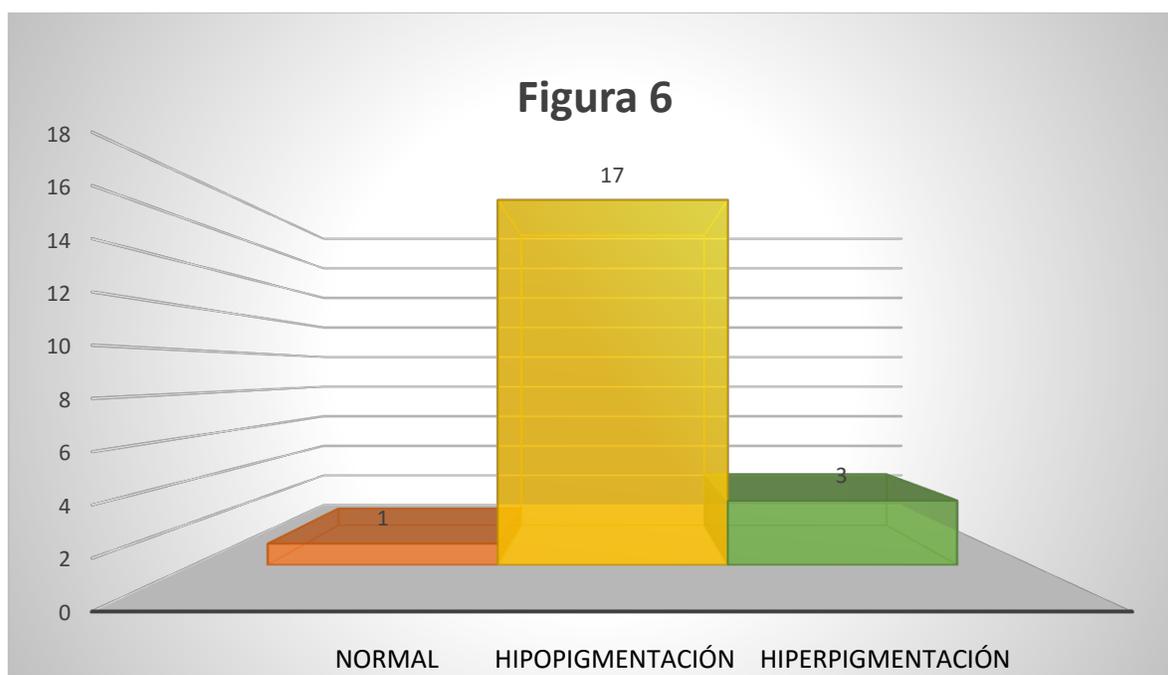


Figura 6. Pigmentación valoración inicial.

En la gráfica de vascularidad, valoración inicial (figura 7), se recabaron los datos de acuerdo a los criterios de la Escala de Vancouver en la zona de estrías a tratar, obteniendo como resultados que ninguna participante, 0% de la población, mostró vascularidad de contractura; 9 participantes, 42.9% de la población, tuvieron vascularidad suave (flexible a la mínima resistencia); ninguna participante, 0% de la población, de vascularidad roja (aumento significativo en el riego sanguíneo local); 3 participantes, 14.3%, con vascularidad morada (excesivo riego sanguíneo local); 9 participantes, 42.9% de la población, con vascularidad de bandas (bridas, que no limitan rango de movimiento) y; ninguna participante, 0%, con vascularidad de contractura (acortamiento permanente de la cicatriz produciendo deformidad o distorsión, limitando el movimiento).

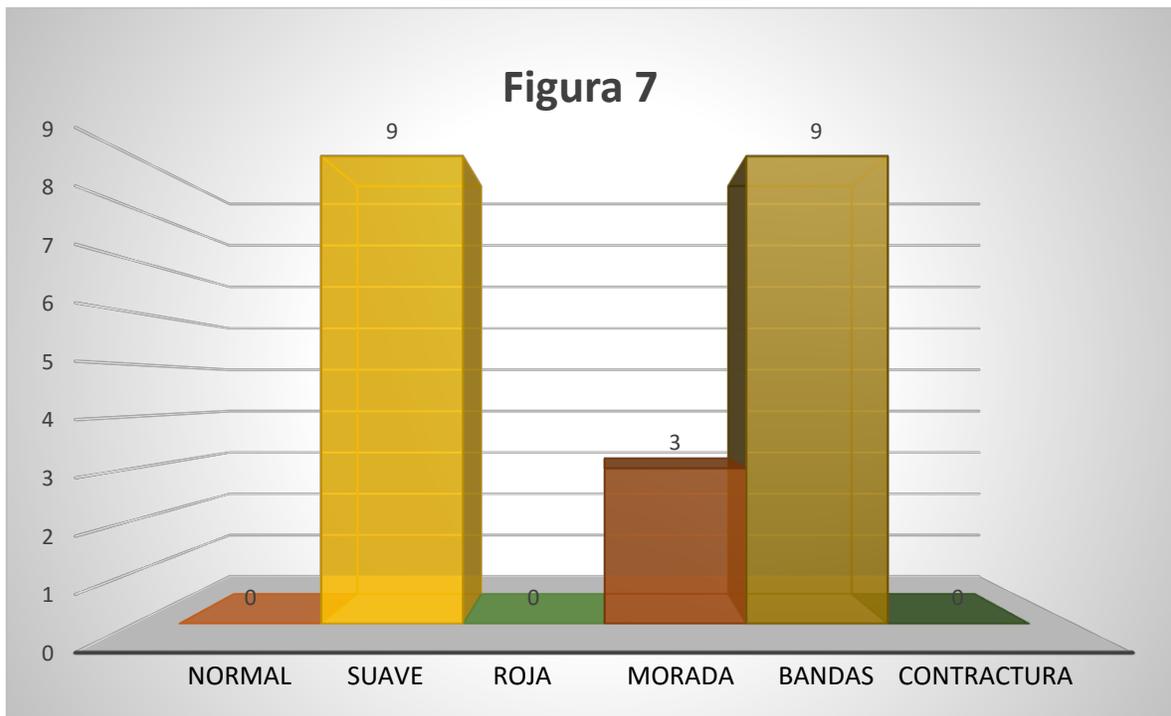


Figura 7. Vascularidad valoración inicial.

De acuerdo a los valores reflejados en la gráfica de grosor valoración inicial (Figura 8) se obtuvo un total de 9, 42.9%, participantes mostraron un grosor normal en la zona de estrías a tratar, 11 participantes, 52.4%, con un grosor menor a 2 mm, 1 participante, 4.7% de la población, con un grosor mayor a 2 mm y menor a 5 mm y ninguna participante, 0%, mayor a 5 mm de grosor en la zona de estrías a tratar,

estos resultados de obtuvieron bajo los criterios de la escala de Vancouver en su apartado de grosor.

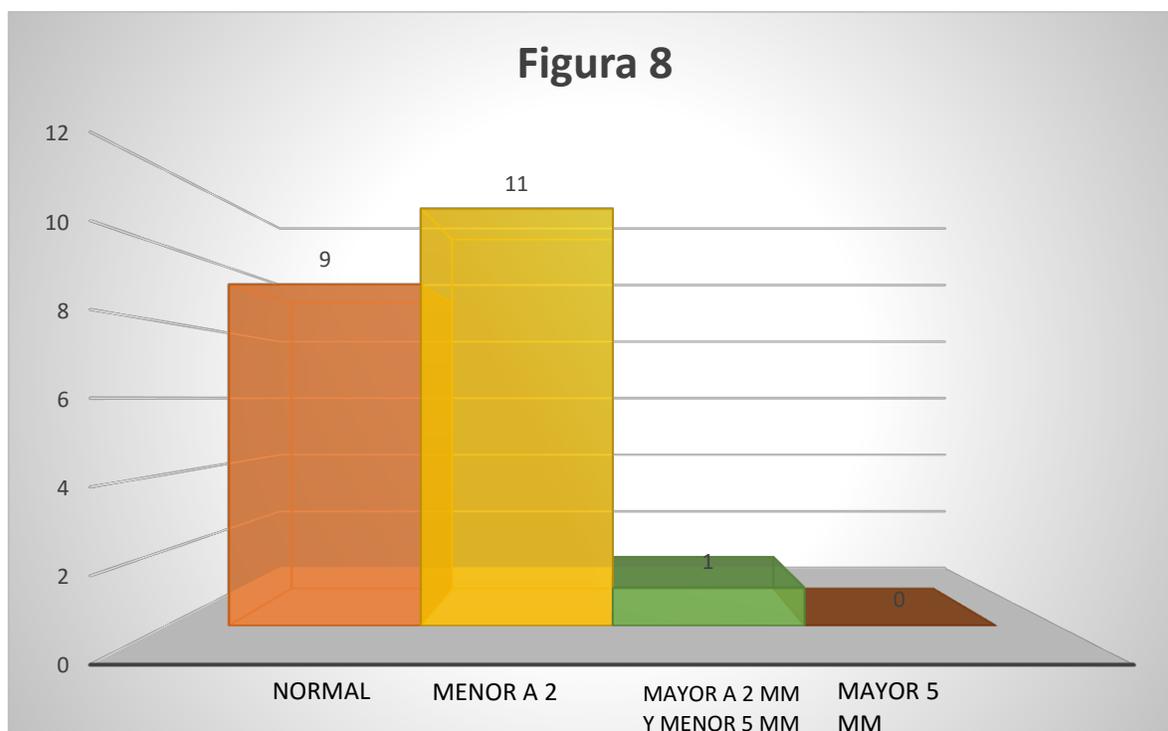


Figura 8. Altura o grosor valoración inicial.

Para nuestro estudio tuvimos la participación de 21 mujeres jóvenes de las cuales se recabaron datos en la valoración inicial y 1 de ellas, 4.7%, tuvo una pigmentación normal, 17, 80.9%, presentaron hipopigmentación y 3 de ellas, 14.2%, hiperpigmentación. Además, se obtuvieron 9 participantes, 42.8%, con vascularidad suave, 3 de ellas, 14.2%, presentaron vascularidad morada y 9 más, 42.8%, presentaron vascularidad de bandas. Por último, 9 participantes, 42.8% presentaron un grosor normal, 11 participantes, 52.3%, tuvieron un grosor menor a 2 mm y únicamente 1 de las participantes, 4.7% de la población, tuvo un grosor de mayor a 2 mm y menor a 5 mm.

10.3. Tratamiento de las estrías con cavitación ultrasónica

Posteriormente las participantes que integraban la población de estudio se sometieron a un tratamiento basado en ultrasonido terapéutico en una modalidad

de cavitación ultrasónica la cual constó de 15 sesiones cada una con una duración de 20 minutos y recibiendo 2 sesiones por semana, donde se utilizaron los siguientes parámetros en la programación del ultrasonido terapéutico: modalidad pulsátil 1:1, frecuencia 3 MHz, velocidad 1.5 m/s e intensidad 1 W/cm².

En el proceso de tratamiento hubo una eliminación del 38% de la población inicial debido a que cumplieron con algún punto de los criterios de eliminación del estudio, el 33.3% de las participantes no asistieron a 2 o más sesiones de tratamiento y únicamente el 4.7% modificó su actividad física durante el proyecto.

10.4. Valoración final de la zona con estrías

Al igual que en el principio del estudio, al final también se aplicó una valoración en base a la Escala de Vancouver (Anexo 4) donde se valoraron de nuevo tres aspectos en cuanto a la zona tratada: color, vascularidad y altura o grosor. Estas valoraciones se aplicaron en la zona a tratar de cada una de las participantes que concluyeron el tratamiento con cavitación ultrasónica en glúteos (Figura 9) o caderas (Figura 10) o abdomen (Figura 11).



Figura 9. Participante con estrías en glúteos después del tratamiento.



Figura 10. Participante con estrías en caderas después del tratamiento.



Figura 11. Participante con estrías en abdomen después del tratamiento.

En la gráfica de pigmentación valoración final (figura 12) se recabaron los datos de acuerdo a los criterios de la Escala de Vancouver (anexo 4) en la zona de estrías que se sometió a tratamiento obteniendo como resultados a 10 participantes, 47.6% de la población, con una pigmentación normal, con un color parecido a la piel cercana, 3 participantes, 14.2%, con hipopigmentación y ninguna participante, 0%, con hiperpigmentación.

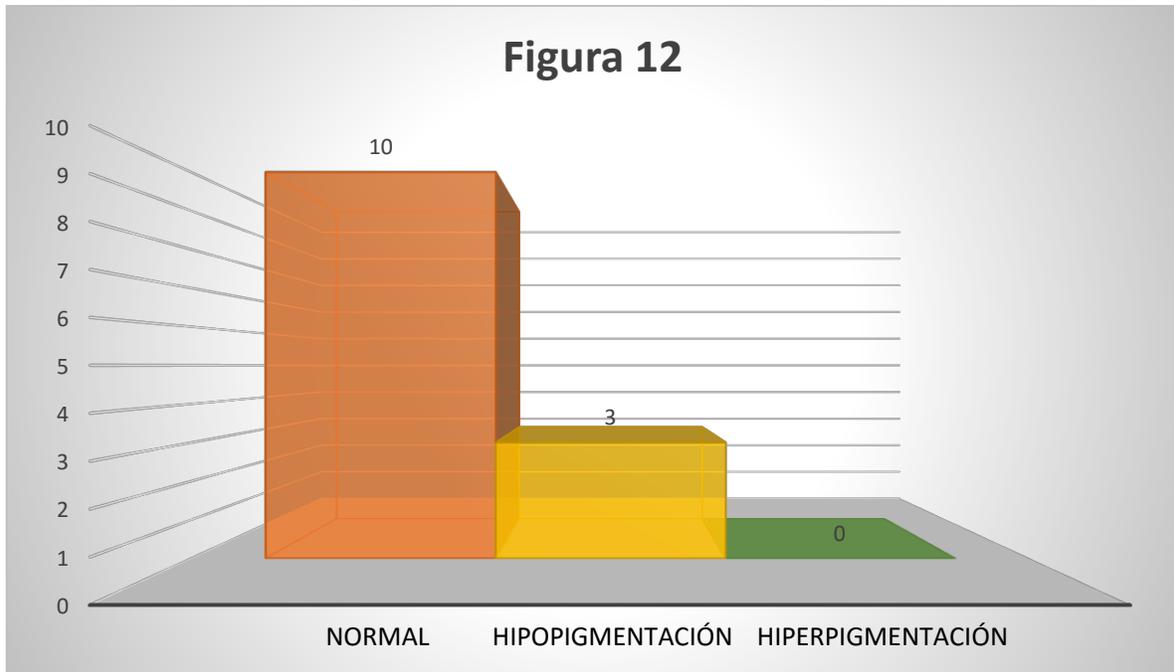


Figura 12. Pigmentación valoración final.

De acuerdo a los valores reflejados en la gráfica de vascularidad valoración final (figura 13) se obtuvo un total de 5 participante, 23.8% de la población, con vascularidad normal, 8 participantes, 38%, con una vascularidad suave, ninguna participante, 0% de la población, con vascularidad roja, morada, banda o contractura, estos datos se obtuvieron a través de los parámetros en la escala de Vancouver (anexo 4) en su apartado de vascularidad.

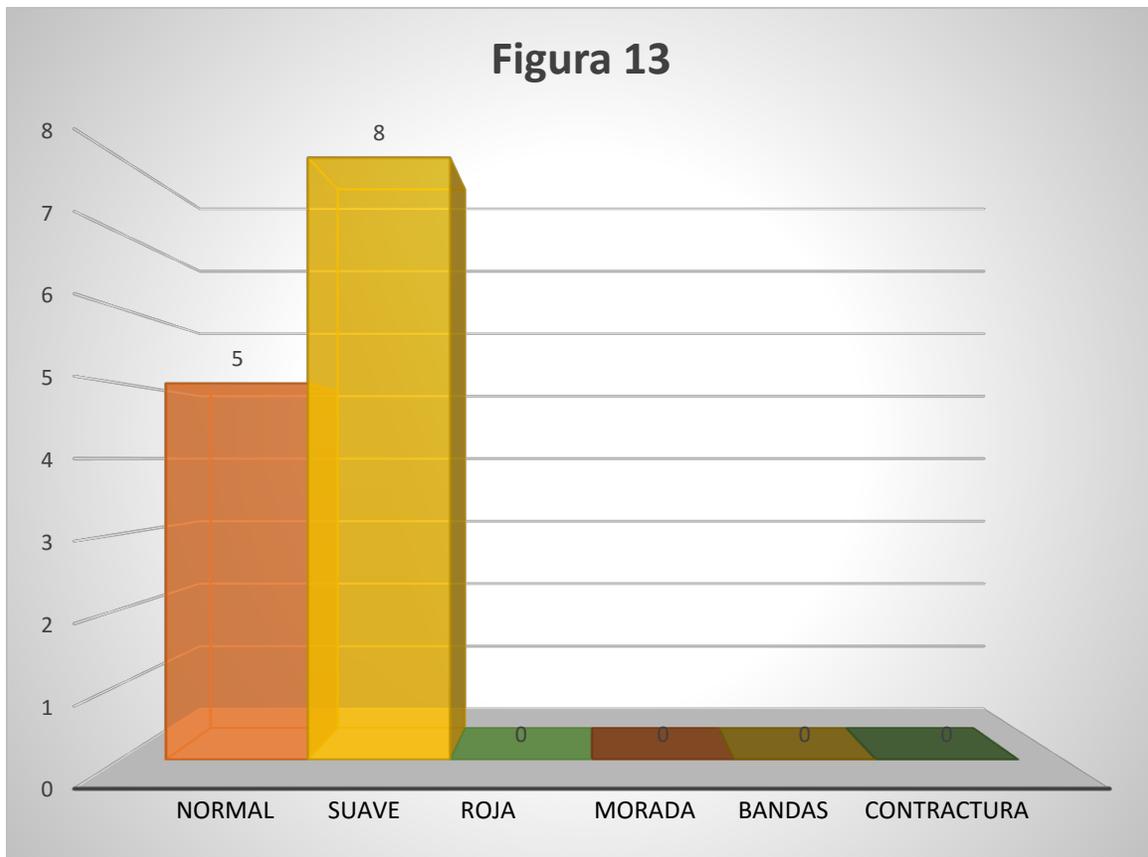


Figura 13. Vascularidad valoración final.

En la gráfica de grosor valoración final (figura 14) se recabaron los datos de acuerdo a los criterios de la Escala de Vancouver (anexo 4) en la zona de estrías que se sometió a tratamiento obteniendo como resultados a 11 participantes, 52.3% de la población, con un grosor normal, 2 participantes, 9.5%, con un grosor menor a 2 mm y ninguna participante, 0% de la población, con grosor mayor a 2 mm.

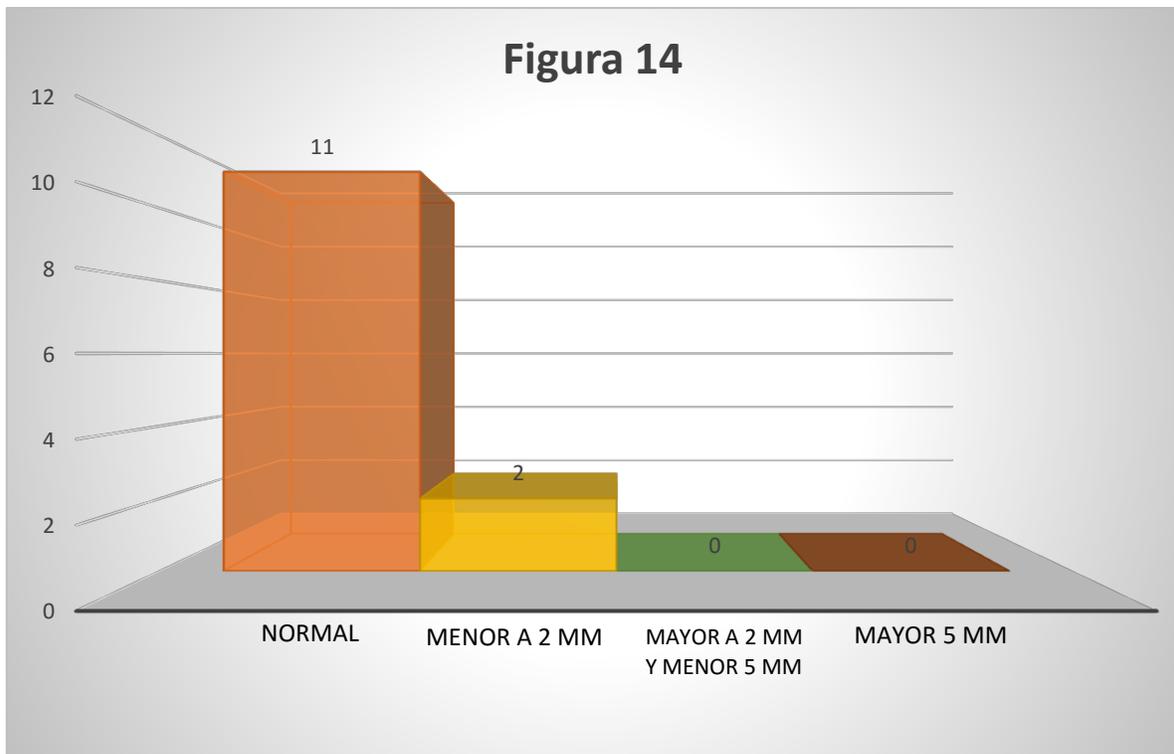


Figura 14. Altura o grosor valoración final.

De acuerdo a los resultados de la valoración final, se encontró que un total de 10 participantes, 47.6% de la población, obtuvieron una pigmentación normal después de la aplicación del tratamiento con cavitación ultrasónica, sólo un total de 3 participantes, 14.2%, presentaron hipopigmentación; en cuanto a vascularidad, 5 de las participantes, 23.8%, presentaron vascularidad normal y 8 de ellas, 38% de la población, obtuvieron vascularidad suave; por último, 11 participantes, 52.3%, presentaron un grosor normal y 2 de ellas, 9.5%, presentaron grosor menor a 2 mm en la zona de estrías tratada.

Con estos resultados se concluye que un 48% de la población logró conseguir una pigmentación lo más parecida a la de la piel cercana, 19% no tuvo cambios en la coloración y un 38% de la población no culminaron el estudio. En cuanto a vascularidad, 52.5% logró obtener una vascularidad normal, un 9.5% no tuvo cambios en vascularidad y un 38% de la población no culminaron el estudio. En cuanto a grosor, 24% de la población obtuvo un grosor normal, 38% de la población no obtuvo cambios y un 38% no culminó con el tratamiento. En conclusión, las

participantes obtuvieron cambios observables y medibles en la escala de Vancouver (anexo 4) en cuanto a pigmentación y vascularidad dando como resultado una piel muy parecida a zonas cercanas, no se obtuvo el mismo resultado en cuanto al grosor o altura de la zona tratada ya que el porcentaje de la población que obtuvo grosor normal fue solamente un 24%, por lo cual se concluye que con el tratamiento de cavitación ultrasónica para tratar la zona de piel afectada por estrías únicamente resulta favorable en cuanto a color y flexibilidad de las estrías.

11. DISCUSIÓN

En el objetivo de esta investigación se buscó reducir las estrías de las participantes por medio de cavitación ultrasónica donde se obtuvo como resultado que casi todas las participantes obtuvieron una mejora en cuanto a la pigmentación y a la vascularidad de la piel de la zona tratada logrando un color muy parecido al de la zona cercana y una vascularidad suave, lo cual nos indica que la piel es flexible a la mínima resistencia, esto logró mejorar el aspecto y la elasticidad de la piel de las participantes por lo cual mostraron mayor seguridad, bienestar y aceptación de ellas mismas, mejorando así su calidad de vida y las propiedades del tejido conjuntivo de la piel tratada.

En base a los resultados obtenidos en el estudio se concluyó que, si bien no hubo una reducción del tamaño de las estrías que se sometieron a tratamiento en cada una de las participantes si se presentaron cambios en cuanto a las características como la pigmentación y la flexibilidad los cuales fueron notorios a simple vista y se vieron reflejados en los resultados de las valoraciones finales en la mayoría de las participantes.

Para el tratamiento de estrías es bien conocido que han sido utilizados varios fármacos con los que se han obtenido resultados aceptables, sin embargo, se utilizan únicamente de manera preventiva, a comparación del presente estudio en el cual se trataron estrías que aparecieron 2 años previos a la aplicación del tratamiento y se notaron mejoras en zonas de la piel afectadas, también existen técnicas dermatológicas semi-quirúrgicas que han sido utilizadas para el tratamiento logrando resultados positivos sobre todo en estrías recientes y al cabo de hasta 30 sesiones de tratamiento, sin embargo, con la técnica de cavitación ultrasónica pudimos obtener excelentes resultados con tan solo la mitad de sesiones y sin ser una técnica tan invasiva para las participantes.

La cavitación ultrasónica resultó ser una muy buena técnica que se puede utilizar en el tratamiento de estrías con un tiempo prolongado de aparición obteniendo una mejora en la calidad del tejido conjuntivo y la apariencia de la piel con la mitad del tiempo que nos puede llevar el tratarlas con alguna otra técnica.

12. REFERENCIAS CONSULTADAS

1. Fortoul, T. (2013). Histología y Biología celular. 2nd ed. México: Mc Graw Hill, p.207.
2. L. Dake, R., Vogl, A. and M. Mitchell, A. (2010). Gray Anatomía para estudiantes. 2nd ed. Barcelona, España: Elsevier, p.26.
3. Tortora, G. (2013). Principios de Anatomía y fisiología. 13th ed. México, DF: Medica Panamericana, pp.158-159.
4. Gartner, L. and Hiatt, J. (2011). Histología Básica. 1st ed. Madrid, España: Elsevier, p.210.
5. Ross, M. and Wojciech, P. (2012). Histología. 6th ed. Madrid, España: Medica Panamericana, pp.488 - 489.
6. Anon, (2018). [Online] Available at: <https://www.vidanaturalia.com/estructura-y-funciones-de-la-piel/> [Accessed 6 Apr. 2018].
7. Martini, M. and Maza Uriarte, I. (2005). Introducción a la dermofarmacia y a la cosmetología. Zaragoza: Acribia, pp.236-239
8. Issuu. (2018). Tratamientos para las estrías y la flacidez (1). [online] Available at: https://issuu.com/carolinaconsuegrachegwin/docs/tratamientos_para_las_estrias_y_la [Accessed 23 Feb. 2018].
9. El Patagónico. (2018). Qué son las estrías y cómo tratarlas? [Online] Available at: <https://www.elpatagonico.com/que-son-las-estrias-y-como-tratarlas-n687116> [Accessed 6 Apr. 2018].
10. Cruz, M. (2018). Gana la guerra contra las estrías y la celulitis - Yo amo los zapatos. [Online] Yo amo los zapatos. Available at: http://www.yoamolozapatos.com/belleza_y_bienestar/la-guerra-las-estrias-la-celulitis [Accessed 23 Mar. 2018].

11. Aramburu de Vega, C., Muñoz Díaz, E. and Igual Camacho, C. (2003). Electroterapia, termoterapia e hidroterapia. Madrid: Síntesis, pp.202-2016.
12. Corporalcenter.com. (2018). Ultrasonido. [Online] Available at: <http://corporalcenter.com/ultrasonido/> [Accessed 6 Apr. 2018].
13. Cavitation.org. (2018). Todo sobre Cavitación. [Online] Available at: <http://cavitation.org/> [Accessed 23 Mar. 2018].
14. Sheila Kitchen, Electroterapia Práctica Basada en la evidencia. (2009). 12th ed. Barcelona España: pp.182-197.
15. Fisioterapia-online.com. (2018). Todo sobre el ultrasonido terapéutico, aplicaciones, indicaciones y contraindicaciones. [Online] Available at: <https://www.fisioterapia-online.com/articulos/todo-sobre-el-ultrasonido-terapeutico-aplicaciones-indicaciones-y-contraindicaciones> [Accessed 16 Mar. 2018].
16. Rivera- Secci. Remodelación con laser de cicatrices hipertróficas y queloides: estudio prospectivo a 30 pacientes. Cir.plást. iberolatinoam.-Vol. 39 - Nº 3 Julio - Agosto - Septiembre 2013 / Pag. 307-317. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/cpil/v39n3/original15.pdf>

13. ANEXOS

ANEXO 1.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN.

Nombre:			
Edad:	Sexo:	Licenciatura	No. De cuenta.
Semestre:	Peso:	Talla:	Fecha de aparición de las estrías:
Fecha de Ingreso:		Fecha de Egreso:	

ANTECEDENTES.

a) Personales Patológicos			
Enfermedades de la piel:	Enfermedades dermatológicas:	Enfermedades cardiovasculares:	Cáncer:
Reumatismos:	Trombos:		
b) Personales No Patológicos			
Hábitos personales.	Tabaquismo:	Alcoholismo:	Alimentación:
	Actividad Física:	Alergias:	Embarazo:

ANEXO 2.

CUESTIONARIO

ACTIVIDAD FISICA

1. ¿Realizas actividad física?
2. ¿Qué tipo de actividad realizas?
3. ¿Cuántas veces a la semana lo realizas?
4. Duración de la actividad (minutos):
5. ¿Desde hace cuánto tiempo realizas actividad física?

ANEXO 4. Escala de Vancouver.

Pigmentación	
0	Color Normal (parecido a piel cercana)
1	Hipopigmentada
2	Hiperpigmentada
Vascularidad	
0	Normal
1	Suave (flexible con mínima resistencia)
2	Roja (aumento significativo en el riego sanguíneo local)
3	Morada (excesivo riego sanguíneo local)
4	Bandas (bridas, no limitan rango de movimiento)
5	Contractura (acortamiento permanente de la cicatriz produciendo deformidad o distorsión, limitando el movimiento)
Altura/Grosor	
0	Normal
1	<2 mm
2	>2 y <5 mm
3	>5 mm

ANEXO 5. Carta de consentimiento informado.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD
DE MEDICINA

Toluca, Estado de México a _____ de Septiembre 2018.

Yo _____
alumna de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México con número de cuenta _____, he sido invitada a participar en el proyecto de tesis “EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE CAVITACIÓN ULTRASÓNICA PARA EL TRATAMIENTO EN LA REDUCCIÓN DE ESTRÍAS EN ALUMNAS DE 20 A 25 AÑOS DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO”, realizado por las Estudiantes de la Licenciatura en Terapia Física Cinthya Victoria Cantor Cuevas y Joelly Guadalupe González Alcántara, quien me ha explicado que la realización de esta investigación permitirá contribuir a mejorar el aspecto de la piel reduciendo las estrías en mujeres afectadas por este problema, así como para obtener el título de Licenciada en Terapia Física.

Se me han proporcionado los datos para contactar a las personas involucradas en dicha investigación, en caso necesario.

Estoy enterada de los riesgos que implica y acepto que los datos y resultados obtenidos en el cuestionario realizado y la prueba aplicada sean analizados y discutidos y así mismo, autorizo que dichos datos sean publicados, con la condición de que nunca sea identificada y siempre se mantenga en el anonimato y confidencialidad mi identidad personal.

Atentamente

Nombre y firma del paciente

Nombre y firma del responsable del paciente