

## Original / Investigación

## EXPERIMENTAL

# Efectos del ultrasonido externo sobre el pániculo adiposo. Modelo porcino experimental

## Effects of external ultrasound on the adipose panicle. Experimental pig model



Fuente del Campo A.

Antonio FUENTE DEL CAMPO\*, Daniel REYES CUREÑO\*\*,  
Fanny Stella HERRÁN MOTTA\*\*\*, María Teresa GORRAES DE LA MORA\*\*\*\*

## Resumen

## Abstract

**Introducción y objetivo.** El ultrasonido (US) externo o percutáneo, ampliamente utilizado, ocasiona diferentes efectos histológicos dependiendo de la frecuencia, intensidad, amplitud de onda, tiempo de aplicación y de los tejidos a través de los cuales curse. Se ha utilizado con diferentes propósitos, entre otros para facilitar la liposucción y mejorar sus resultados; sin embargo, hasta donde hemos podido revisar, no hay reportes que relacionen las frecuencias del US percutáneo y el lapso de su aplicación con los cambios descritos en el pániculo adiposo.

El objetivo del presente estudio es establecer parámetros de frecuencia y tiempos de aplicación del US externo para uniformar criterios en base al análisis histológico de los cambios que ocasiona al pániculo adiposo y a los adipocitos.

**Material y método.** Estudio descriptivo, comparativo, abierto, experimental, prospectivo y longitudinal, en 59 fragmentos de tejido adiposo tomados de cerdos adultos. Cinco fragmentos fueron preservados como control; los 54 restantes fueron sometidos a US directo sobre cada fragmento, con diferentes parámetros de tiempo (5, 10 y 15 minutos) y diferentes frecuencias (baja- 1.1 Hz, media- 2.4 Hz y alta- 3.9 Hz). Fueron procesados en 2 formas (parafina y congelación) y teñidos con 2 técnicas (hematoxilina/eosina y rojo oleoso). En cada laminilla se observaron 10 campos.

**Resultados.** En los fragmentos de control observamos tejido adiposo maduro normal. En los sometidos a US, dependiendo de la frecuencia y el tiempo aplicado, observamos edema intersticial, desarreglo de su arquitectura, lisis de la membrana de los adipocitos e infiltrado inflamatorio, en diversos porcentajes, que calificamos en grados.

Así en los fragmentos expuestos durante 5 minutos a frecuencia media hubo lisis leve (10%), igual que en los expuestos 10 minutos a frecuencia baja. En los expuestos 10 minutos a frecuencia media la lisis fue de leve a moderada (10-20%), semejante a la observada con frecuencia baja durante 15 minutos. Aplicando US durante 15 minutos con frecuencia baja la respuesta fue de leve a moderada (10-20%), con frecuencia media fue de moderada a severa (20-30%) y con frecuencia alta fue francamente severa (30%).

**Conclusiones.** La aplicación de US externo ocasiona lisis de los adipocitos y evidentes desarreglos en la arquitectura del tejido adiposo. Aplicarlo con frecuencias menores requiere periodos más largos para lograr los mismos efectos. Con frecuencias mayores se logran los cambios en menos tiempo. El empleo de frecuencias de 2.4 a 3.9 Hz ocasiona cambios evidentes, con amplio margen de seguridad.

**Palabras clave** Ultrasonido, Ultrasonido externo, Lipolisis, Liposucción.

**Nivel de evidencia científica** 4b Diagnóstico  
**Recibido (esta versión)** 6 agosto/2020  
**Aceptado** 15 octubre/2020

**Background and objective.** External or percutaneous ultrasound (US) widely used, causes different histological effects depending on the frequency, intensity, wave amplitude, application time and the tissues through which it passes. It has been used for different purposes, among others, to facilitate liposuction and improve its results; however, as far as we have been able to review, there are no reports that relate the frequencies of the percutaneous US and the period of its application with the changes described in the adipose tissue.

Our aim is to establish frequency parameters and application times of the external US to standardize criteria, based on the histological analysis of the changes it causes to the adipose panniculus and to the adipocytes.

**Methods.** A descriptive, comparative, open, experimental, prospective and longitudinal study was carried out in 59 fragments of adipose tissue taken from adult pigs. Fifty-four were subjected to US applied directly to each fragment, with different time parameters (5, 10 and 15 minutes) and different frequencies (low-1.1 Hz, medium-2.4 Hz and high-3.9 Hz). Five fragments were preserved as a control. Processed in 2 ways (paraffin and freezing) and stained with 2 techniques (hematoxylin/eosin and oil red). In each lamella 10 fields were observed.

**Results.** Normal mature adipose tissue was observed in the control fragments. In those undergoing US, depending on the frequency and time applied, interstitial edema, disordered architecture, presence of inflammatory infiltrate and lysis of adipocyte membranes were observed, in various percentages that we qualified in degrees.

Thus, in the fragments exposed for 5 minutes at medium frequency, mild lysis was observed (10%). In those exposed for 10 minutes at medium frequency, lysis was mild to moderate (10-20%), similar to that observed with low frequency for 15 minutes. Applying US for 15 minutes with low frequency, the response was mild to moderate (10-20%) with medium frequency of moderate to severe (20-30%) and with high frequency it was frankly severe (30%).

**Conclusions.** The application of external US causes lysis of the adipocytes and evident disorders in the adipose tissue architecture. Applying it with lower frequencies requires longer periods to achieve the same effects. With higher frequencies the same changes are achieved in less time. The use of frequencies from 2.4 to 3.9 Hz causes obvious changes, with a wide margin of safety.

**Key words** Ultrasound, External ultrasound, Lipolysis, Liposuction.

**Level of evidence** 4b Diagnostic  
**Received (this version)** August 6/2019  
**Accepted** October 15/2020

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener ningún interés financiero relacionado con el contenido de este artículo.  
**Financiación:** No hubo fuentes externas de financiación para este trabajo.

\* Cirujano Plástico, Profesor Adjunto de Cirugía Plástica, Universidad Nacional Autónoma de México, Hospital Dr. M. Gea González, Ciudad de México, México.

\*\* Cirujano Plástico. Ex-residente del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, Ciudad de México, México.

\*\*\* Cirujano Plástico, Adscrita al Servicio de Cirugía Plástica, Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, Ciudad de México, México.

\*\*\*\* Jefe del Servicio de Anatomía Patológica, Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, Ciudad de México, México.



## Introducción

El ultrasonido (US) se usa ampliamente en Medicina tanto con fines diagnósticos como terapéuticos. Actúa mediante ondas electromagnéticas cuya determinada frecuencia (ciclos por segundo), implica cambios de presión emitidos por un cristal piezoeléctrico (transductor), que se transmiten a través de un medio sólido o líquido propagándose fácilmente a través de los tejidos blandos. El US de baja frecuencia penetra los tejidos más profundamente que el de alta frecuencia, sin embargo, la energía aplicada en un sitio determinado depende de la frecuencia, intensidad y amplitud de su onda, así como de los tejidos a través de los cuales curse.<sup>(1)</sup> Loomis en 1927<sup>(2)</sup> fue el primero en describir los efectos de las ondas de sonido desplazándose en un fluido.

La liposucción apareció a finales de la década de los 70 con el propósito de remodelar el contorno corporal, eliminando áreas específicas con acumulación de pániculo adiposo no deseado.

En 1980 se produjeron generadores ultrasónicos que transformaron energía eléctrica en energía de alta frecuencia. Scuderi, en 1987,<sup>(3)</sup> observó que ondas de energía de alta frecuencia con la intensidad adecuada ocasionaban microcavidades en los tejidos de baja densidad, como el adiposo, refiriéndose a este efecto como licuefacción grasa. Zocchi, en 1992, basado en estos antecedentes, desarrolló una técnica de remodelación corporal asociando liposucción y energía ultrasónica con el propósito de destruir selectivamente el pániculo adiposo y facilitar su extracción por succión.<sup>(4,5)</sup> La alternancia de las ondas positivas y negativas del US ocasiona compresión en los tejidos provocando la formación de microburbujas o cavidades que implosionan dentro de las estructuras celulares, causando destrucción de sus membranas y lisis de los adipocitos. A este efecto físico se le llama cavitación ultrasónica.<sup>(6)</sup>

Se ha publicado que la aplicación externa de US induce diversos efectos histológicos en el pániculo adiposo dependiendo de los parámetros sónicos aplicados, desde cambios celulares a frecuencias bajas, hasta muerte celular a frecuencias altas; por ello nos interesamos en establecer parámetros que relacionen frecuencias y tiempo de exposición con los cambios observados en el pániculo adiposo.<sup>(7,8)</sup>

En 2003 describimos nuestra experiencia con la aplicación de US externo en la liposucción. Siguiendo las recomendaciones del fabricante de la aparatología que empleamos, utilizamos percutáneamente ondas de US mediante un transductor manual que genera energía de 1-4 Hz aplicado durante 10 minutos por cada 400 cm<sup>2</sup>, previa aplicación de gel para optimizar la transmisión del

ultrasonido. En algunos de los casos tomamos aleatoriamente muestras de tejido y las sometimos a estudio histopatológico, observando en algunas de ellas reducción volumétrica, condensación, fragmentación de los adipocitos, así como fragmentación de fibras de colágeno que aparecieron interrumpidas a distintos niveles.<sup>(9)</sup> Sin embargo, nuestras observaciones fueron muy irregulares, probablemente por defectos técnicos.

Es sabido que el empleo del US externo suaviza el pániculo adiposo, lo cual hemos constatado a lo largo de nuestra experiencia. Por lo mismo, disminuye su resistencia a la excursión de la cánula y con ello el trauma, el dolor posoperatorio y la equimosis, siendo más rápida la recuperación del paciente además de disminuir el tiempo para realizar la liposucción y el esfuerzo del cirujano. El empleo de US externo también promueve la retracción de la piel.<sup>(10)</sup>

Están publicados diversos protocolos y técnicas de liposucción asistida por US externo; sin embargo, no hemos encontrado ninguno con resultados basados en un estudio histopatológico sistematizado.<sup>(6)</sup>

El ultrasonido de alta frecuencia (HIFU por sus siglas en inglés: *High-Intensity Focused Ultrasound*), propuesto para aplicación percutánea, genera energía a 2 MHz superando los 1000 W/cm<sup>2</sup>, enfocada al tejido subcutáneo profundo, que produce calor que ablaciona el tejido adiposo y modifica el colágeno a frecuencias de 2 MHz, identificándola como la frecuencia óptima capaz de afectar a los adipocitos, contraer las fibras de colágeno y tensar la piel. Este parece ser el único US no invasivo que produce resultados significativos con una sola aplicación; sin embargo, se recomienda usarlo solo en pacientes que requieran reducción focal de alguna adiposidad de pequeñas dimensiones<sup>(10)</sup> y no para tratar zonas amplias ni pacientes obesos.<sup>(11)</sup> El HIFU ha sido difundido como un procedimiento cerrado para tratar pequeñas adiposidades, por lo que no lo hemos considerado parte de este estudio.

El presente trabajo tiene por objetivo hacer un estudio histológico de los cambios producidos por el US externo sobre la grasa, aplicando diferentes parámetros de intensidad (frecuencia) y tiempo, con el propósito de obtener conclusiones que ayuden a uniformar criterios sobre su uso.

## Material y método

Realizamos un estudio descriptivo, comparativo, abierto, experimental, prospectivo y longitudinal, en el que escogimos como modelo experimental al cerdo por tener un pániculo adiposo grueso que facilitaría el estudio. Utilizamos 2 cerdos que cumplieron con los siguientes



Figura 1. Tejido adiposo subcutáneo subdividido en fragmentos.

tes criterios de inclusión: ser de raza York albina, adultos, sanos, con peso entre 25-30 kg., sin antecedentes de aplicación de ultrasonido previo.

Con los animales vivos y bajo anestesia general mediante clorhidrato de metomidato a dosis de 4 mg/kg y azaperona a dosis de 1mg/kg, llevamos a cabo la cirugía en condiciones estériles y asepsia de la región con iodo-povidona al 1%. En cada cerdo delimitamos con azul de metileno un área de 20 x 25 cm en la región dorsal, sobre el músculo del lomo.

Practicamos incisión hasta fascia tóraco-lumbar (*Longissimus dorsi*) (Fig.1) y disecamos en sentido céfalo-caudal levantando un colgajo de piel. Dividimos el tejido celular subcutáneo de ambos cerdos en fragmentos cúbicos de aproximadamente 2.5 cm<sup>2</sup> cada uno, para lograr un total de 59 fragmentos. Corroborada la hemostasia, regresamos el colgajo a su sitio y suturamos los bordes de la herida con Nylon 2-0. Cubrimos el área cruenta resultante con apósitos oclusivos. Subdividimos los 2 segmentos obtenidos en un total de 59 fragmentos de aproximadamente 2.5 cm<sup>2</sup> cada uno. Separamos 5 de ellos para conservarlos como grupo control y a los 54 restantes les aplicamos US de inmediato con el propósito de asegurar que no sufrieran cambios a consecuencia de su extracción y falta de perfusión sanguínea. Enseguida todos los fragmentos fueron fijados en formalina al 4%. Los 5 de control y 36 más fueron incluidos en parafina; los otros 18 fueron sometidos a congelación (nitrógeno líquido), con el propósito de facilitar su manejo en el criostato.

Los fragmentos sometidos a US (Fig. 2), fueron separados en grupos para aplicar, a cada uno de ellos, diferentes variantes de frecuencia: baja 1.1 Hz, media 2.4 Hz y alta 3.9 Hz, durante 3 periodos diferentes de aplicación: 5, 10 y 15 minutos.

Las laminillas de los fragmentos manejados por congelación fueron teñidas con rojo oleoso por ser específico para tejidos manejados con este proceso. Los demás fueron teñidos con hematoxilina/eosina.



Figura 2. Fragmentos de pániculo adiposo sometidos a US con diferentes parámetros de tiempo y frecuencias.

Todos los fragmentos procesados por congelación mostraron rotura de la membrana de los adipocitos (Fig. 3) independientemente del tiempo y frecuencia aplicadas, a diferencia de los cambios estructurales observados en las muestras procesadas con técnica de parafina, por lo que concluimos que los cambios eran provocados por artificios secundarios a la técnica y no por el US, de tal manera que excluimos estos 18 fragmentos del estudio. Todos los procedimientos de este protocolo se realizaron de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de la ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (Título segundo, Capítulo I, Artículo 17, Sección I Investigación sin riesgo, no requiere consentimiento informado. Título séptimo de la Investigación que incluya la utilización de animales de experimentación. Capítulo único. Artículos 121-126).

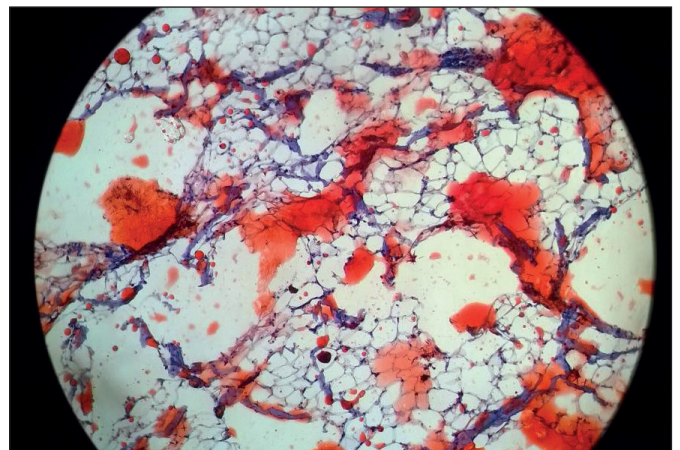


Figura 3. Técnica por congelación (rojo-oleoso, 40 X): rotura de membrana de los adipocitos, cambios sugestivos de artificios secundarios a la técnica y no al US.

## Resultados

Observamos los fragmentos bajo el microscopio a 10 y 40 x estudiando 10 campos de cada laminilla, observación considerada por los histopatólogos como significativa y suficiente.

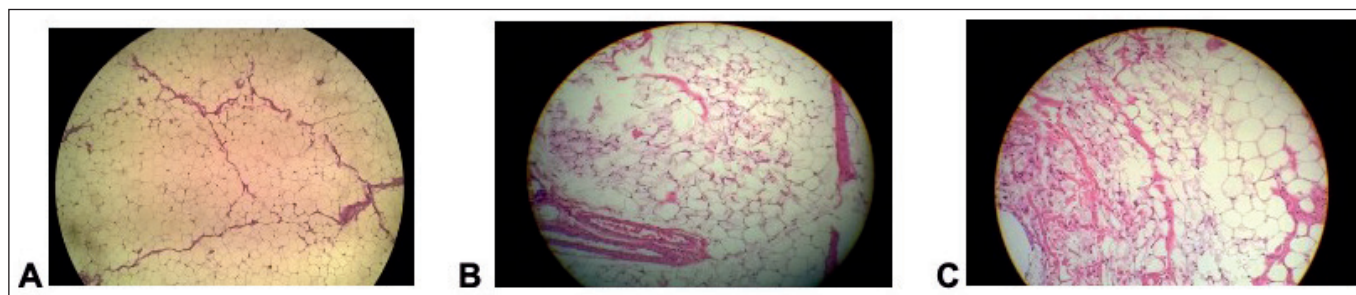


Figura 4. Técnica en parafina (hematoxilina-eosina, 40 X): A. Grupo control, adipocitos íntegros. B y C. Cambios estructurales en adipocitos.

Los fragmentos de control mostraron tejido adiposo maduro, vascularizado, con escasos septos fibrosos, correspondiendo a características histológicas normales (Fig. 4 A). En los fragmentos de tejido adiposo sometidos durante 5 minutos a frecuencias de 1.1 Hz, 2.4 Hz y 3.9 HZ, observamos tejido adiposo maduro vascularizado con diversos grados de lisis manifestada por rotura de la membrana de los adipocitos, desarreglo de la arquitectura del tejido y presencia de infiltrado inflamatorio con abundantes células linfocíticas (Fig. 4 B y C) (Fig. 5).

Calificamos como lisis leve cuando se afectó el 10% o menos de las membranas celulares de los adipocitos; moderada cuando se afectó del 10 al 20%; y severa cuando afectó al 20-30%.

En ninguno de los fragmentos sometidos a US con alguna de las frecuencias empleadas ni con ninguno de los tiempos de aplicación observamos necrosis grasa.

Los fragmentos expuestos durante 5 minutos a frecuencia baja de 1.1 Hz no presentaron respuesta al US. Aplicando frecuencia media (2.4 Hz) durante 5 minutos, observamos lisis leve (10%) y aplicando durante el mismo tiempo frecuencia alta (3.9 Hz), la lisis fue de moderada a severa, es decir, afectó al 20-30% de las membranas celulares.

En los fragmentos expuestos durante 10 minutos, el comportamiento del tejido a frecuencia baja (1.1 Hz)

evidenció respuesta leve que se mantuvo en el mismo porcentaje (10%) incluso en los que se aplicó frecuencia media (2.4 Hz); mientras que en los que se aplicó frecuencia alta (3.9 Hz), la lisis del tejido se presentó de moderada a severa (20-30%).

Finalmente, al aplicarlo durante 15 minutos, la respuesta con frecuencia baja (1.1 Hz) fue leve; en los que se aplicó frecuencia media (2.4 Hz) la respuesta fue de moderada a severa (20-30%); y al aplicar frecuencia alta (3.9 Hz) la respuesta fue del 30% a más.

De esto se deduce que, aplicando mayor frecuencia se requiere menos tiempo de aplicación de US (Fig. 6 y 7).

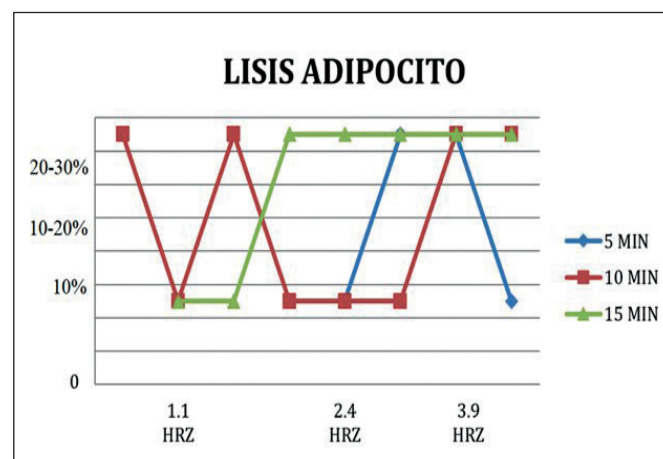


Figura 6. Relación de tiempo y frecuencias de US asociadas a lisis de la membrana de los adipocitos.

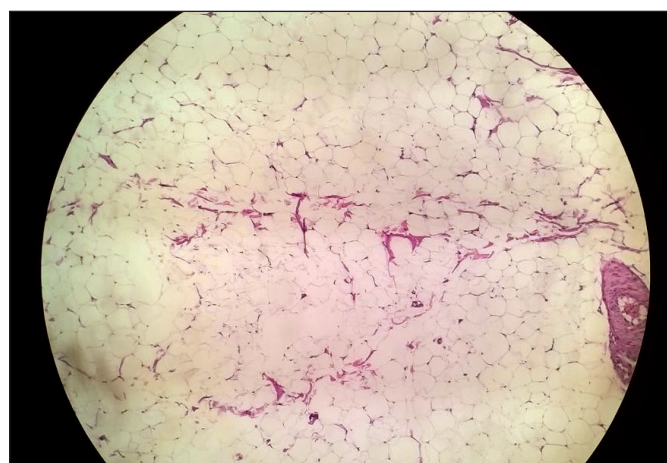


Figura 5. Tejido adiposo, técnica parafina (hematoxilina-eosina, 40 X). Vascularizado, escasos septos fibrosos, edema intersticial, rotura total de la membrana de los adipocitos, desarreglo de su arquitectura, infiltrado inflamatorio con abundantes células linfocíticas.

|        | FRECUENCIAS         |                 |                |
|--------|---------------------|-----------------|----------------|
|        | BAJA<br>1.1 Hz.     | MEDIA<br>2.4Hz. | ALTA<br>3.9Hz. |
| TIEMPO | LISIS DE ADIPOCITOS |                 |                |
| 5 min  | 0%                  | 10-20%          | 20-30%         |
| 10 min | 10-20%              | 20%             | 20-30%         |
| 15 min | 10-20%              | 20-30%          | 30%            |

Figura 7. Porcentaje de lisis de las membranas de los adipocitos en relación a tiempo y frecuencias de US.

De lo anterior concluimos que, para lograr el reblandecimiento adecuado del pániculo adiposo, se pueden considerar 2 formas de aplicación del US externo: aplicar durante 5 minutos por área de 2.5 cm<sup>2</sup> a frecuencias medias o altas (2.4 a 3.9 Hz), o aplicar durante 10 o 15 minutos a frecuencia baja de 1.1 Hz. El tiempo global variará dependiendo de las dimensiones del área a tratar.

## Discusión

Por sus efectos en el contorno corporal, la liposucción es uno de los procedimientos de Cirugía Plástica más frecuentemente realizados en todo el mundo. De acuerdo con las estadísticas de ISAPS (*International Society of Aesthetic Plastic Surgery*) publicadas en el 2019, se realizaron 1.732.620 procedimientos de liposucción en un año, representando el 16.3% de todos los procedimientos estéticos realizados; así mismo, las estadísticas del *National Databank de la Aesthetic Society of Cosmetic Surgery* reportó 270.670 procedimientos de liposucción realizados en 2019.<sup>(11,12)</sup>

Los resultados publicados por Bani y col.<sup>(13)</sup> indican que el US tiene la capacidad de disminuir, de forma significativa, tanto el tamaño como el número de células adiposas de la grasa subcutánea. En su estudio, proporcionaron evidencia histológica sobre el mecanismo de acción del US externo sobre las células, induciendo inestabilidad del citoplasma de los adipocitos y de la membrana plasmática que envuelve la vacuola lipídica. Interesante demostración histológica relacionada con la aplicación de diferentes frecuencias; sin embargo, no mencionaron el tiempo de aplicación del US, que desde nuestro punto de vista es fundamental.

Las diferentes frecuencias producen fragmentaciones focales del citoplasma adipocítico, permitiendo la salida de gotas de triglicéridos de la vacuola lipídica al espacio extracelular. Cabe destacar que la lisis de las células adiposas no presentó signos de necrosis grasa ni inflamación intersticial. Así mismo, es de señalar que los cambios producidos por el US afectan a células adiposas, pero las células endoteliales, los pericitos y mastocitos, no presentan cambios, de manera que aplicado con frecuencia y tiempo adecuados causa reducción del número de células adiposas sin generar condiciones que afecten a los vasos, nervios o tejido conectivo.<sup>(14)</sup>

El HIFU genera en alta proporción muerte de los adipocitos, con las posibles consecuencias de dejar células muertas en el área. Por ello se recomienda solo para aplicación en pequeñas áreas de grasa acumulada, pero se contraindica para grandes áreas, como las que se tratan en la mayoría de los casos mediante liposucción.

En nuestro estudio aplicamos el US directamente sobre la grasa del cerdo, no hicimos aplicación percutánea debido a que la piel del cerdo es mucho más gruesa y las observaciones no serían aplicables. Al traspolar estas observaciones a la aplicación percutánea en pacientes, consideramos que el grosor de la piel reduce un poco el efecto del US, de manera que al establecer nuestras recomendaciones calculamos el tiempo requerido de acuerdo a la intensidad aplicada.<sup>(15)</sup>

Sabedores de todo esto, la intención del presente estudio fue determinar la intensidad de US percutáneo en relación con el tiempo ideal de su aplicación para lograr los efectos deseados, así como las diferentes variantes que se pueden aplicar con seguridad, dependiendo del propósito del cirujano.

## Conclusiones

El empleo de US a frecuencias de 1.1 a 3.9 Hz es útil y seguro, siempre y cuando se aplique durante los tiempos adecuados.

Pudimos comprobar que dentro de este marco de seguridad, aplicar US externo con frecuencias altas requerirá menos tiempo para lograr los cambios histológicos deseados. Con ninguna de las frecuencias utilizadas observamos evidencia microscópica de daño o de necrosis tisular.

Estas observaciones apoyan el empleo de US externo para suavizar la grasa en procedimientos quirúrgicos en los que exista grasa abundante, particularmente en la liposucción. Tal y como describen diversas publicaciones, reblandecer la grasa disminuye su resistencia al paso de la cánula, con los beneficios subsecuentes: menor trauma, más fácil y rápida realización del procedimiento, menor equimosis, menor dolor posoperatorio y más rápida recuperación del paciente. De esta forma, el US percutáneo es una herramienta efectiva y segura que reduce el tiempo quirúrgico y la fatiga del cirujano.

Para lograr el reblandecimiento adecuado del pániculo adiposo, consideramos 2 formas de aplicación del US externo: durante 5 minutos por área de 2.5 cm<sup>2</sup> a frecuencias medias o altas (2.4 a 3.9 Hz), o durante 10 a 15 minutos a frecuencia baja de 1.1 Hz. El tiempo global variará dependiendo de las dimensiones del área a tratar.

Este estudio confirma que la aplicación de US percutáneo actúa sobre el pániculo adiposo alterando su arquitectura tisular y ofrece diferentes parámetros de frecuencias y tiempo, que apoyan al cirujano en su empleo, dándole seguridad y evitando complicaciones.

## Dirección del autor

Dr. Antonio Fuente del Campo  
Clínica Aqtsel  
Vialidad de la Barranca s/n 845  
Valle de las Palmas  
Huixquilucan  
Edo. de México. 52764 México.  
Correo electrónico: afuente delcampo@prodigy.net.mx

## Bibliografía

1. **Palumbo P, Cinque B, Miconi G, La Torre C, Zoccali G, et al.** Biological effects of low frequency high intensity ultrasound application on ex vivo human adipose tissue. *Int J Immunopathol Pharmacol*, 2011;24:411-422.
2. **Richards WT, Loomis AL.** The chemical effects of high frequency sound waves I. A preliminary survey. *J. Am. Chem. Soc.* 1927;49:3086-3100.
3. **Scuderi N, de Vita R, d'Andrea F, Vonella M.** Nuove prospettive nella liposuzione: la lipoemulsificazione. *Giorn Chir Plast Ricostr Estet* 1987; 1:1.
4. **Zocchi M.** Ultrasonic liposculpting. *Aesthetic Plast Surg* 1992;16:287-298.
5. **Zocchi M.** Ultrasonic Assisted Lipoplasty, Technical refinements and clinical Evaluations. *Clinics Plast Surg*, 1996;23(4):575-598.
6. **Pugliese D, Maiorano E, Pascone M.** Histopathological features of tissue alterations induced by low frequency ultrasound with cavitation effects on human adipose tissue. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2013;26:541-547.
7. **Silberg S.** The Use of External Ultrasound Assist with Liposuction. *Aesth Surg J*. 1998;(4):284-285.
8. **Rohrich R, Morales DE, Krueger JE, Ansari M, Ochoa O, et al.** Comparative Lipoplasty Analysis of in Vivo- Treated Adipose Tissue. *Plast Reconstr Surg*, 2000;105:2152-2158.
9. **Castro Y, Chacón H, Pérez S, Fuente-del-Campo A.** Papel del ultrasonido externo en la liposucción tradicional. *Medicina Universitaria*, 2003;5:87-94.
10. **Jewell ML, Solish NJ, Desilets CS.** Noninvasive Body Sculpting Technologies with an Emphasis on High-Intensity Focused Ultrasound. *Aesthetic Plast Surg* 2011;35:901-912.
11. **ISAPS International Survey on Aesthetic / Cosmetic Procedures**, performed in 2018. <https://www.isaps.org/wp-content/uploads/2019/12/ISAPS-Global-Survey-Results-2018-new.pdf>
12. **The Aesthetic Society's Cosmetic Surgery National Data Bank: Statistics 2019.** *Aesth Surg J*, issue supplement, 2020;40:1-26.
13. **Bani D, Quattrini A, Freschi G, Lo Russo G.** Histological and Ultra structural Effects of Ultrasound-induced Cavitations on Human Skin Adipose Tissue. *PRS GO*, 2013; 1-10.
14. **Francesca R, Grippaudo MD, Matarese RM, Macone A, et al.** Effects of Traditional and Ultrasonic Liposuction on Adipose Tissue: A Biochemical Approach. *Plast Reconstr Surg*, 2000;105:197-199.
15. **Koch T, Lakshmanan S, Brand S, Wicke M, Raum K, et al.** Ultrasound velocity and attenuation of porcine soft tissues with respect to structure and composition: II. Skin and backfat. *Meat Science*, 2011;88: 67-74.