

ULTRASONIDO

Dr. LEONARDO MORA RIVERA

Dr. SANTIAGO ALMENARES MONTANO

HISTORIA

En la Edad Media

Hacia finales del siglo XVIII

En 1880, los hermanos Pierre y Jacques Curie

En 1883, Galton fabricó un silbato con una frecuencia de 23.000 hz.

El hundimiento del Titanic en 1912 y la Primera Guerra Mundial

A partir de los trabajos de Pohlman, en 1939, comienza a generalizarse su utilización con fines esencialmente antiinflamatorios y analgésicos.

El uso terapéutico de los ultrasonidos sigue teniendo en la actualidad gran importancia y sus indicaciones, en lugar de disminuir con la incorporación de nuevos medicamentos, siguen incrementándose e incluso se generalizan algunas específicas, como la sonoforesis.

DEFINICIONES

- **SONIDO:**

VIBRACIONES MECANICAS EN UN MEDIO ELASTICO, LAS CUALES PUEDEN HACER VIBRAR LA MEMBRANA TIMPANICA, CONVIRTIENDOSE EN VIBRACIONES SONORAS EN DEPENDENCIA DE SU FRECUENCIA. FRECUENCIAS INFERIORES A 16 Hz SON SUBSONICAS Y SUPERIORES A 16 000 Hz SON ULTRASONICAS.

- **TERAPIA ULTRASÓNICA:**

ES EL TRATAMIENTO MEDICO MEDIANTE VIBRACIONES MECANICAS CON UNA FRECUENCIA SUPERIOR A 16 000 Hz.

- **TERAPIA DE ULTRASONOFORESIS:**

ES EL TRATAMIENTO MEDICO CON SUSTANCIAS MEDICINALES INTRODUCIDAS EN EL CUERPO MEDIANTE ENERGIA ULTRASONICA.

- Las ondas sónicas se clasifican, por su *frecuencia*, en:
- *Infrasonidos*: son ondas por debajo de 16 vibraciones por segundo o, lo que es igual, de menos de 16 Hz, que es el límite inferior de audición del oído humano. Vibraciones más lentas quizá podremos notarlas, pero nunca oírlas.
- *Sonidos*: son las ondas entre 16 y 16.000 Hz, que conforman todo el espectro de sonidos que el hombre es capaz de escuchar. Hay animales, como perros, delfines o mosquitos, capaces de oír sonidos más agudos, de 25 KHz y aún más, pero estas ondas ya no entran dentro de espectro de los sonidos.
- *Ultrasonidos*: son las ondas mecánicas que tienen una frecuencia superior a los 16.000 Hz, aunque los utilizados en medicina son, habitualmente, de frecuencia superior a 0,5 Megahercios (MHz). Suelen oscilar entre 0,5 y 3 MHz para su uso terapéutico y entre 1 y 10 MHz en ecografía.

¿ CÓMO SE GENERA EL ULTRASONIDO?

- CUALQUIER OBJETO QUE VIBRE ES UNA FUENTE DE SONIDO. LAS ONDAS SONORAS PUEDEN SER GENERADAS MECANICAMENTE (DIAPAZON), EN MEDICINA SE GENERAN POR MEDIO DE TRANSDUCTORES ELECTROACUSTICOS.
- EFEECTO PIEZOELECTRICO: SON CAMBIOS ELECTRICOS QUE SE PRODUCEN EN LA SUPERFICIE EXTERNA DEL MATERIAL PIEZOELECTRICO AL APLICAR PRESION A LOS CRISTALES DE CUARZO Y A CIERTOS MATERIALES POLICRISTALINOS (TITANATO DE PLOMO-CIRCONATO Y TITANATO DE BARIO). EN EL CUERPO HUMANO SE OBSERVAN ESTOS EFECTOS ESPECIALMENTE EN TEJIDOS OSEOS, FIBRAS DE COLAGENO Y PROTEINAS CORPORALES. ESTE EFECTO ES REVERSIBLE.
- EFEECTO PIEZOELECTRICO INVERTIDO: SI LOS MATERIALES ARRIBA MENCIONADOS SON EXPUESTOS A UNA CORRIENTE ELECTRICA ALTERNA EXPERIMENTAN CAMBIOS EN LA FORMA, DE ACUERDO CON LA FRECUENCIA DEL CAMPO ELECTRICO, CONVIRTIENDOSE ASI EN UNA FUENTE DE SONIDO.

EQUIPO



CONSISTE EN UN GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA CONECTADO A UN CRISTAL PIEZOELECTRICO DEL CABEZAL DE APLICACION, AL PASAR POR ESTE CRISTAL LA CORRIENTE ALTERNA APLICADA, GENERA LA VIBRACION ULTRASONICA QUE SE TRANSMITE AL PACIENTE.

MEDIO DE CONTACTO:

ES EL MEDIO QUE SE REQUIERE PARA LA TRANSMISION DEL ULTRASONIDO ENTRE LA CABEZA DE TRATAMIENTO Y EL CUERPO DEL PACIENTE, LOS MEDIOS QUE MAS SE USAN SON:

- GELES ACUOSOS (SON LOS MAS ADECUADOS).
- ACEITES.
- POMADAS.
- EMULSIONES DE AGUA DE ACEITE.

ESTOS MEDIOS DEBEN SER ESTERILES, NO MUY LIQUIDOS, QUE NO SE ABSORVAN RAPIDO POR LA PIEL, NI PROVOQUEN IRRITACION O ENFRIAMIENTO DE ESTA, QUIMICAMENTE INERTES, CARENTES DE MICROBUIRBUJAS Y CON BUENAS PROPIEDADES DE PROPAGACION.

PROPIEDADES DEL HAZ SÓNICO

- En el campo cercano:(Zona de Fresnel)
 - Ocurren fenómenos de interferencia que provocan variaciones de su intensidad.
 - Ausencia de divergencia.
- En el campo Distante:(Zona de Fraunhofer)
 - Pocos fenómenos de interferencia.
 - Mayor diámetro del haz, este adquiere forma de campana.
 - Mayor extensión de la energía sónica debido a la divergencia.

¿QUÉ OCURRE AL PENETRAR EL HAZ SÓNICO EN EL ORGANISMO?

La onda sónica es longitudinal y requiere de un medio elástico para su propagación (Todos los medios son elásticos, excepto el vacío). En el cuerpo provoca compresión y expansión de los tejidos, provocando grandes cambios de presión. Pero este haz sónico al penetrar va siendo atenuado por la absorción de energía de algunos tejidos como el músculo, tendón y cartilago (esta absorción dependerá de la frecuencia del haz, a menor frecuencia menos absorción, y por consiguiente mayor profundidad) y perdiendo intensidad, mientras que otros producen reflexión del haz, como sucede al llegar al hueso (esta reflexión del haz provoca que puedan aparecer efectos fuera de la dirección del haz). Esto provoca que la energía reflejada entre de nuevo en la capa tisular y sea nuevamente atenuada por absorción en el límite de la piel, pero el aire le ejerce reflexión de un 100% y rebota de nuevo hacia el tejido óseo. Esto hace incidentes y reflejado se pueden superponer conduciendo a 2 movimientos ondulantes que pueden atenuarse o intensificarse entre sí, aumentando su intensidad, sobre todo si la capa tisular que cubre el hueso es fina o absorbe poca energía (muñecas, tobillo, rotula), donde puede causar dolor y calor por irritación del periostio por lo que habrá que mover la cabeza de tratamiento para evitarlo.

MODOS DE TRANSFERENCIA DE LA ENERGIA SÓNICA

- **Por contacto directo entre la cabeza de tratamiento y el cuerpo:**

Es el modo mas usado.

- **Método subacuático:**

Se usa en caso de que la zona a tratar sea dolorosa (tobillo, muñeca, mano, codo, etc). La parte a tratar se sumerge en un recipiente con agua a temperatura agradable (el agua hay que hervirla para desgasificarla), se sumerge la cabeza de tratamiento y se coloca a cierta distancia (1.5-2cm) de la superficie a tratar. En caso de zonas difíciles de tratar (superficie inferior de los dedos del pie) se usa una placa metálica de aluminio en el fondo del recipiente y por reflexión llegará el haz a la zona a tratar.

- **Almohadillas de agua:**

Una bolsa de plástico o goma con agua hervida en su interior, se cubre la cabeza de tratamiento y la parte de la bolsa en contacto con la piel con suficiente gel y luego se aplica la cabeza a la bolsa.

EFECTOS BIOFISICOS DE LOS ULTRASONIDOS

■ EFECTO MECANICO:

ES EL PRIMER EFECTO QUE SE PRODUCE EN EL TEJIDO, HA SIDO LLAMADO MICROMASAJE DEBIDO A QUE LAS VIBRACIONES SONICAS CAUSAN COMPRESION Y EXPANSION EN EL TEJIDO A LA MISMA FRECUENCIA QUE EL ULTRASONIDO, CONDUCIENDO A VARIACIONES DE PRESION , LAS MAYORES VARIACIONES SE PRODUCEN EN LOS LIMITES ENTRE DOS MEDIOS DIFERENTES. ESTAS VARIACIONES DE PRESION EN LOS TEJIDOS PROVOCAN:

- CAMBIOS EN EL VOLUMEN DE LAS CELULAS CORPORALES $\pm 0,02\%$.
- CAMBIOS EN LA PERMEABILIDAD DE LAS CELULAS Y LAS MEMBRANAS TISULARES.

TODOS LOS EFECTOS DE LA TERAPIA ULTRASONICA SON CAUSADOS POR EL MICROMASAJE.

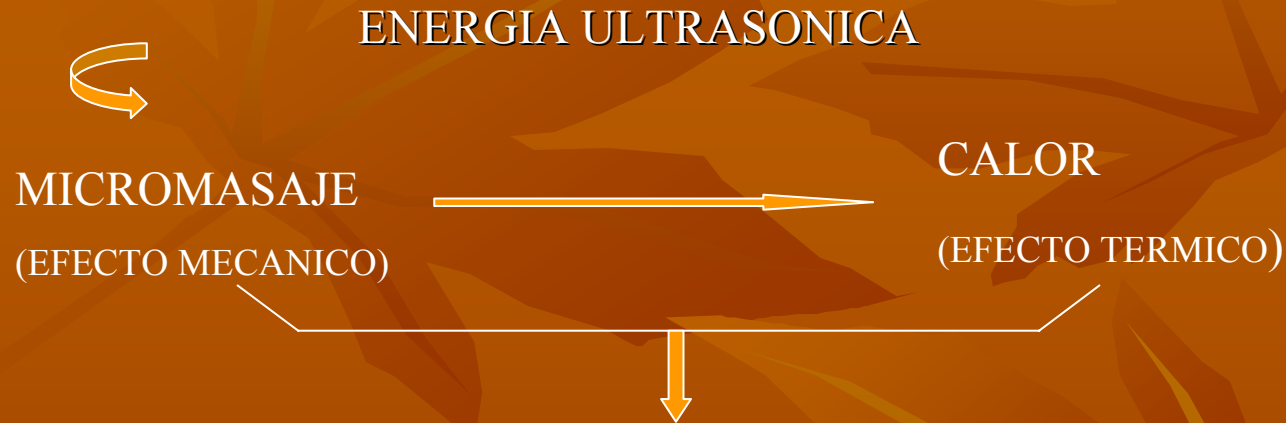
■ EFECTO TERMICO:

EL MICROMASAJE DE LOS TEJIDOS CONDUCE A LA GENERACION DE CALOR POR FRICCION, SIENDO ESTA LA ACCION MAS CONOCIDA DE LOS ULTRASONIDOS, LA CANTIDAD DE CALOR GENERADO DIFIERE EN LOS DIVERSOS TEJIDOS Y DEPENDE ADEMAS DE VARIOS FACTORES COMO SON:

- TIPO DE EMISION (CONTINUO O PULSATIL)
- INTENSIDAD
- DURACION DEL TRATAMIENTO
- COEFICIENTE DE ABSORCION

EL CALOR SE GENERA ESPECIALMENTE EN TEJIDO OSEO, CARTILAGO, TENDONES, MUSCULOS Y PIEL

■ **EFFECTOS BIOLOGICOS:** ESTOS EFECTOS SE CONSIDERAN UNA RESPUESTA FISIOLOGICA A LAS ACCIONES MECANICAS Y TERMICAS.



1. FAVORECE LA ESTIMULACION DE LA CIRCULACION SANGUINEA POR VASODILATACION , LA CUAL ESTA DADA POR LA LIBERACION DE ESTIMULANES TISULARES, ESTIMULACION DE LAS FIBRAS NERVIOSAS AFERENTES Y REDUCCION DEL TONO MUSCULAR
2. RELAJACION MUSCULAR POR ELIMINACION DE LOS ESTIMULANTES TISULARES, DE LAS FIBRAS NERVIOSA AFERENTES Y DEPRESION POSTEXCITATORIA DE LA ACTIVIDAD ORTOSIMPATICA
3. AUMENTO DE LA PERMEABILIDAD DE LA MEMBRANA, FORZANDO EL FLUIDO TISULAR ATRAVES DE ESTA, HACIENDO QUE EL PH SE HAGA MENOS ACIDO (EFECTO ANTIACIDOTICO), DE GRAN UTILIDAD EN EL TRATAMIENTO DEL REUMATISMO DE PARTES BLANDAS DONDE HAY ACIDOSIS TISULAR.
4. AUMENTO DE LA REGENERACION TISULAR SOBRE TODO CON EL EFECTO MECANICO EL CUAL PRODUCE UN FLUJO DE PARTICULAS CON MOVIMIENTO LIBRE.

CONTINUACION

5. EFECTO SOBRE NERVIOS PERIFERICOS, AUMENTANDO O DISMINUYENDO LA VELOCIDAD DE CONDUCCION DE ESTOS , ESTO SE ATRIBUYE AL EFECTO TERMICO, EL CUAL PUEDE INCLUSO LLEGAR A PRODUCIR BLOQUEO DE LA CONDUCCION POR LO QUE EL TEJIDO NERVIOSO MUESTRA SENSIBILIDAD ESPECIAL AL ULTRASONIDO.
6. REDUCCION DEL DOLOR DEBIDO A LA MEJORIA DE LA CIRCULACION TISULAR, NORMALIZACION DEL TONO MUSCULAR, REDUCCION DE LA TENSION TISULAR, ESTIMULACION DE LAS FIBRAS NERVIOSAS AFERENTES Y REDUCCION DEL PH.
7. OTROS EFECTOS DADOS POR LA INFLUENCIA NEGATIVA DEL ULTRASONIDO COMO SON:
 - DAÑO TISULAR (LAS DIFERENCIAS DE PRESION GNERADAS POR ULTRASONIDO PUEDE CAUSAR CAVITACION DE LOS TEJIDOS POR LO QUE SU INTENSIDAD DEBERA SER BIEN AJUSTADA DE FORMA QUE EL PACIENTE NO SIENTA EXCITACION DOLOROSA)
 - ESTASIS DE LAS CELULAS SANGUINEAS (ESTE TRASTORNO ES REVERSIBLE Y SE ELIMINA CON UN MOVIMIENTO CONTINUO DE LA CABEZA DE TRATAMIENTO)
 - EFECTOS SECUNDARIOS DISCRETOS DADOS POR SOBREDOSIFICACION (REDUCCION DEL NIVEL DE GLUCOSA EN SANGRE, FATIGA, NERVIOSISMO, ANOREXIA, ESTREÑIMIENTO.

INDICACIONES

- **TRASTORNOS DEL TEJIDO OSEO ARTICULACIONES Y MUSCULOS:**
 - ANOMALIAS POSTRAUMATICAS (CONTUSIONES, DISTENSIONES, LUXACIONES Y FRACTURAS, LUEGO DE LAS 24-36 Hs DE LA LESION.
 - ARTROSIS Y ARTRITIS CRONICA, NUNCA AGUDAS.
 - HIPERTONIAS MUSCULARES REFLEJAS.
 - BURSITIS, CAPSULITIS Y TENDINITIS.

- **TRASTORNOS DE LOS NERVIOS PERIFERICOS:**
 - NEUROPATIAS POR ATRAPAMIENTOS
 - DOLOR FANTASMA

- **TRASTORNOS DE LA CIRCULACION:**
 - ENFERMEDAD DE RAYNAUD
 - DISTROFIA DE SUDECK
 - EDEMA

- **ANOMALIAS DE LA PIEL:**
 - TEJIDO CICATRIZAL (QUIRURGICO O TRAUMATICO)

- **CONTRATURA DE DUPUYTREN**
- **HERIDAS ABIERTAS:**
 - ULCERA POR PRESION

CONTRAINDICACIONES

■ ABSOLUTAS:

- OJOS
- CORAZON
- UTERO GESTANTE
- PLACAS EPIFISIARIAS
- TEJIDO CEREBRAL
- TESTICULOS
- ARTRITIS DEFORMANTE (ACTIVA COLAGENASA).

■ RELATIVAS:

- LUEGO DE LAMINECTOMIAS
- PERDIDA DE LA SENSIBILIDAD
- ENDOPROTESIS
- TUMORES
- SECUELAS POSTRAUMATICAS AGUDAS (ANTES DE 24-36 HS)
- OSTEOPOROSIS
- TROMBOFLEBITIS Y VARICES
- INFLAMACIONES SEPTICAS

ASPECTOS HA TENER EN CUENTA A LA HORA DE INDICAR ULTRASONIDO

■ TIPO DE EMISION:

- **CONTINUA**(El haz no se interrumpe, por lo que genera calor, por lo que las intensidades a utilizar deben ser bajas, este tipo de emisión esta indicada en trastornos crónicos, donde deseamos mejorar circulación local)
- **PULSATIL**(El haz se interrumpe en forma de pulsaciones, este tipo de emisión esta indicada en trastornos agudos, por su efecto relajador, debido a esta pulsación los efectos mecánicos son mas pronunciados, permitiendo utilizar intensidades mas altas, los períodos de repetición pueden ser:
 - 1:5 (2mseg. de impulso y 8 mseg. de pausa)
 - 1:10 (1 mseg. de impulso y 9 mseg. de pausa)
 - 1:20 (0,5 mseg. de impulso y 9,5 mseg. de pausa)

- INTENSIDAD:

La intensidad o potencia se expresa en w/cm^2 , pero en dependencia del efecto que deseamos lograr se puede utilizar de la siguiente manera:

Para la cicatrización de los procesos inflamatorios, los efectos no térmicos a baja frecuencia suelen producir una respuesta celular favorable; sin embargo, el modo continuo con intensidades mayores de 2 W/cm^2 puede retardar el proceso de reparación.

De forma esquemática, para ultrasonidos continuos pueden establecerse:

$< 0,3 \text{ W/cm}^2$ (intensidad baja)

$0,3\text{-}1,2 \text{ W/cm}^2$ (intensidad media)

$1,2\text{-}2 \text{ W/cm}^2$ (intensidad alta)

La intensidad estará en dependencia del tipo de emisión, así para el modo continuo se utilizarán intensidades bajas ya que genera mucho calor, y para el pulsátil se utilizan intensidades más altas ya que el calor generado es poco.

■ FRECUENCIA:

La frecuencia se expresa en Mhz. Esta puede ser de 1 ó 3 Mhz, en dependencia de la profundidad del tejido a tratar si tenemos en cuenta que:

- Frecuencias de 1 Mhz penetran entre 3 - 4 cm de profundidad, ya que la absorción es poca, por lo que se utilizan para patologías profundas.
- Frecuencias de 3 Mhz penetran $\pm$ 1 cm, ya que la absorción es muy alta, por lo que se utilizarán en patologías superficiales.

■ CABEZA DE TRATAMIENTO A UTILIZAR:

Estarà en dependencia de la superficie a tratar en cm^2 , si tenemos en cuenta que podemos utilizar 2 tipos de cabezas:

- **Pequeña**, de $1,5 \text{ cm}^2$ para un àrea màxima a tratar de 15 mm^2 , por lo tanto se utilizarà en àreas pequeñas.
- **Grande**, de 5 cm^2 para un àrea màxima a tratar de 75 mm^2 , por lo tanto se utilizarà en àreas grandes.

Ahora bien:

Debido a que el elemento piezoelèctrico no vibra uniformemente el àrea de radiación efectiva (ERA) de la cabeza de tratamiento siempre serà màs pequeña que el àrea geométrica de esta, por lo que si tratamos con una cabeza estandar de 5 cm^2 , solo emitirà US en un círculo central de $\pm 2,5 \text{ cm}$.

■ METODO PARA MANIPULAR LA CABEZA DE TRATAMIENTO:

- **Semiestático**(Movimientos cortos que se superpongan)
- **Dinámico** (Movimientos circulares o longitudinales que se superpongan)

En ambos casos el movimiento serà lento, esto se realiza para asegurar el tratamiento más uniforme de un àrea, evitando así el calentamiento excesivo de esta y el éxtasis de las células sanguíneas a este nivel.

■ TIEMPO DE TRATAMIENTO:

Las sesiones pueden tener una duración de 5 a 10 minutos y suelen aplicarse una vez al día. En las lesiones agudas, se utiliza el modo pulsátil por espacio de 6-8 días en sesiones diarias. En los problemas crónicos, se utiliza el modo continuo a lo largo de 10-12 sesiones en días alternos. De forma general se dosifica a razón de 1 – 1,2 mto. / cm² de área a tratar.

■ INICIO DEL TRATAMIENTO:

Para traumatismos agudos se inicia luego de 24 – 36 hrs de este y 1 vez al día, los procesos crónicos se tratan 3 veces por semana 1 vez al día.

EL AREA A TRATAR DEBE LIMPIARSE CON JABON PARA ELIMINAR LA GRASA, Y SI HAY MUCHO VELLO SE AFEITARA.

ultrasonoforesis

Se entiende como tal la introducción de sustancias en el cuerpo utilizando energía ultrasónica. Esta energía tiene la ventaja que las partículas a introducir no tienen que tener carga eléctrica y que no se producen efectos del tipo galvánico, además que se logra una penetración mas profunda de la sustancia debido al aumento de la permeabilidad de las membranas que induce la energía ultrasónica.

AGENTES MAS USADOS EN ULTRASONOFORESIS

Se clasifican de acuerdo a su efecto:

- Farmacos con efecto sobre la circulación:

- Histamina
- Nicotinato de metilo
- Meconil

Son vasodilataores potentes y se usan para trastornos circulatorios periféricos, procesos reumáticos e inflamaciones asépticas.

- Fàrmacos que contrarrestan la cicatrizacion exuberante:

- Contractubex
- Heparina sódica

- Fàrmacos con acción antiinflamatoria:

- Triamcinolona
- Bencidamina
- Hidrocortizona

- Fàrmacos con acción analgésica:

- Lidocaina
- Mentol

EJEMPLOS DE TRATAMIENTOS

- **Ultrasonido terapéutico:** (para espolón calcáneo derecho)

Emisión continua, 0,8 w/cm² de intensidad, 1 Mhz de frecuencia, cabezal pequeño, método semiestático, 3 minutos, 10 sesiones.

- **Ultrasonido terapéutico:** (para cervicalgia)

Emisión pulsátil, 1 o 1,5 w/cm² de intensidad, 1 Mhz de frecuencia, cabezal grande, método dinámico, 5 minutos, 10 sesiones.

- **Fonoforesis:**

Con triamcinolona, para epicóndilo derecho, emisión continua, 0,6 w/cm² de intensidad, 3 Mhz de frecuencia, cabezal pequeño, método semiestático, 5 minutos, 10 sesiones.