

Universidad Inca Garcilaso De La Vega

Facultad de Tecnología Médica

Carrera de Terapia Física y Rehabilitación



**TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO DE LAS
FRACTURAS CON ULTRASONIDO
TERAPÉUTICO**

Trabajo de suficiencia Profesional

Para optar por el Título Profesional

CRUZ HUAMANI, Jhimmy Arturo

Asesor:

Lic. Buendía Galarza, Javier

Lima – Perú

Diciembre - 2017



**TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO DE
LAS FRACTURAS CON ULTRASONIDO
TERAPÉUTICO**



DEDICATORIA

A Dios que me ilumino en cada paso que tomaba,
en su sabiduría me brindo los conocimientos.

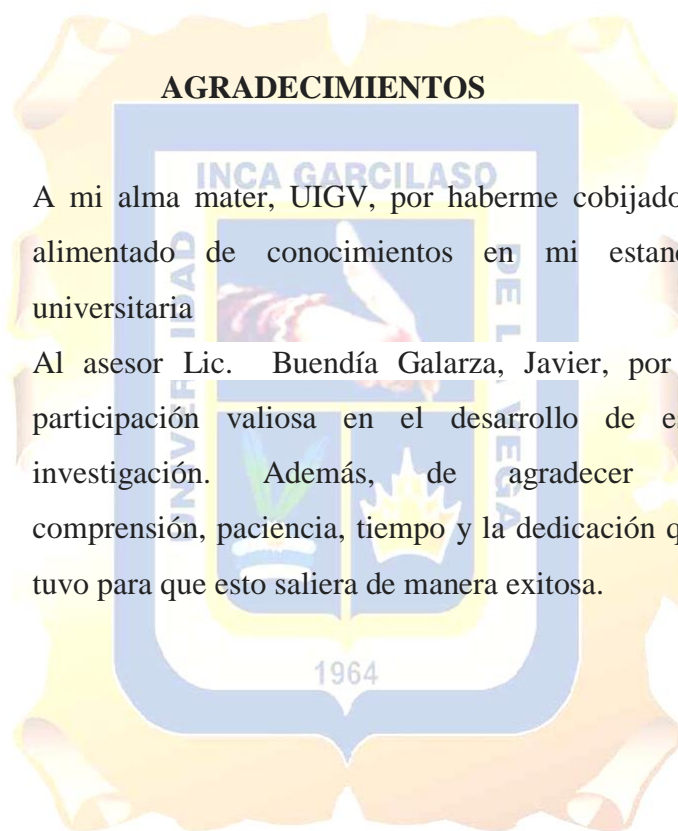
A mis padres por ser el pilar fundamental en todo
lo que soy, en toda mi educación, tanto
académica, como de la vida, por su incondicional
apoyo perfectamente mantenido a través del
tiempo. Todo este trabajo ha sido posible gracias
a ellos.

1964

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, UIGV, por haberme cobijado y alimentado de conocimientos en mi estancia universitaria

Al asesor Lic. Buendía Galarza, Javier, por la participación valiosa en el desarrollo de esta investigación. Además, de agradecer su comprensión, paciencia, tiempo y la dedicación que tuvo para que esto saliera de manera exitosa.



RESUMEN

Las fracturas es una discontinuidad en los huesos, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad del hueso. (1) (2).

Hay fracturas con manifestaciones clínicas y radiográficas muy evidentes por su desplazamiento, otras, por su localización y escaso desplazamiento, pueden plantear dificultades diagnósticas. Todas requieren un estudio clínico detallado valorando todos los factores que influyen en el pronóstico y el tratamiento: desplazamiento, estabilidad, localización, trazo, etc. que influyen en el pronóstico y tratamiento de las fracturas.

Entre los usos del ultrasonido con fines terapéuticos se distingue en la actualidad con resultados muy positivos, el empleo de una señal ultrasónica de baja intensidad, pulsada, para la aceleración de la reparación ósea. Esta terapia está demostrando ser un eficaz método para la aceleración de la consolidación de las llamadas fracturas recientes, pero también, para el tratamiento de las uniones retardadas. Poder contar con una estrategia alternativa de tratamiento de la fractura posee una gran importancia, ya que el complejo proceso de reparación ósea aun atendido por la más avanzada técnica médica tradicional, constituye un reto en la ortopedia moderna.

PALABRAS CLAVES: fisioterapia, Fractura, Consolidación, Ultrasonido Terapéutico, Tratamiento.

ABSTRACT

A fracture is a discontinuity in the bones, as a result of blows, forces or tractions whose intensities exceed the elasticity of the bone. (1) (2).

There are fractures with very evident clinical and radiographic manifestations due to their displacement, others, due to their location and scarce displacement, can present diagnostic difficulties. All of them require a detailed clinical study assessing all the factors that influence the prognosis and treatment: displacement, stability, location, stroke, etc. that influence the prognosis and treatment of fractures.

Among the uses of ultrasound for therapeutic purposes, the use of a low intensity, pulsed ultrasonic signal for the acceleration of bone repair is currently distinguished with very positive results. This therapy is proving to be an effective method for the acceleration of the consolidation of the so-called recent fractures, but also for the treatment of delayed joints. To be able to count on an alternative strategy of treatment of the fracture has a great importance, since the complex process of bone repair even attended by the most advanced traditional medical technique, constitutes a challenge in modern orthopedics.

KEYWORDS: Physiotherapy, Fracture, Consolidation, Therapeutic Ultrasound Treatment.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: FRACTURA.....	2
1.1. TEJIDO ÓSEO.....	2
1.2. DEFINICIÓN.....	3
1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS.....	4
1.3.1. SEGÚN SU ETIOLOGÍA.....	4
1.3.2. SEGÚN EL ESTADO DE LA PIEL.....	5
1.3.3. SEGÚN SU LOCALIZACIÓN.....	6
1.3.4. SEGÚN EL TRAZO DE FRACTURA.....	6
1.3.5. EN LOS NIÑOS, DEBIDO A LA GRAN ELASTICIDAD DE SUS HUESOS SE PRODUCEN DOS TIPOS ESPECIAL DE FRACTURAS.....	7
1.3.6. SEGÚN LA DESVIACIÓN DE LOS FRAGMENTOS.....	7
1.3.7. SEGÚN EL MECANISMO DE PRODUCCIÓN.....	7
1.4. DIAGNOSTICO DE LA FRACTURA.....	9
1.5. EXPLORACIÓN.....	11
1.6. PRONOSTICO.....	12
1.7. PROCESO DE CONSOLIDACION.....	12
1.8. COMPLICACIONES.....	14
CAPÍTULO II: ULTRASONIDO.....	16
2.1. DEFINICIÓN.....	16
2.2. ASPECTOS FÍSICOS DE LA EMISIÓN Y LA APLICACIÓN.....	16
2.3. EFECTOS.....	19
2.4. EFECTOS BIOFÍSICOS DE LOS ULTRASONIDOS.....	20
2.5. EFECTOS FISIOLÓGICOS.....	21
2.6. DOSIFICACIÓN.....	22
2.7. MODALIDAD.....	23
2.8. INDICACIONES DE ULTRASONIDO.....	23
2.9. CONTRAINDICACIONES.....	24

2.10. PRECAUCIONES EN EL USO DEL ULTRASONIDO.....	25
CAPÍTULO III: TRATAMIENTO ULTRASONIDO.....	26
3.1. INTENSIDAD O DOSIS.....	26
3.2. ÁREA Y TIEMPO DE APLICACIÓN.....	27
3.3. TRATAMIENTOS POR APLICACIONES DEL ULTRASONIDO.....	28
3.4. EFECTOS DE LA TERAPIA CON ULTRASONIDO.....	29
CONCLUSIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXOS.....	35



INTRODUCCIÓN

Las fracturas es una discontinuidad en los huesos, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad del hueso. (1) (2)

El tejido óseo en principal el endostio está formado por tejido conectivo, con abundantes vasos sanguíneos, células osteogénicas y osteoblastos. Las Funciones del sistema esquelético Sostén, Protección, Movimientos, Homeostasis, Producción de células sanguíneas la hemopoyesis para producir glóbulos rojos, blancos y plaquetas. (2)

Las lesiones musculoesqueléticas aparecen en el 40% aproximadamente de los pacientes pediátricos poli traumatizados. La cortical del hueso inmaduro es porosa y menos frágil, que la de adulto. (3) Las fracturas que afectan al esqueleto en desarrollo difieren de forma significativa de las de los adultos y durante las distintas fases de la maduración esquelética. Son el 10-15% de todas las lesiones de la infancia. Puede ocasionarse con traumatismos basales, Etiología doméstica 37% Accidente de tránsito 22%, Localización M.M.S.S. 72%. M.M.I.I. 28%, Metafisarias 45%, Aproximadamente un 39,9% de niñas y un 50,7% de niños sufren alguna fractura antes de la madures esquelética. (4)

El ultrasonido Es una vibración acústica en frecuencias ultrasónicas, no audibles. Aplicado en fisioterapia, se denomina ultrasonido terapéutico para distinguirlo de la aplicación diagnóstica o ecográfica. El ultrasonido terapéutico aplicado es de baja intensidad. Se produce por la vibración de un cristal con propiedades electrostrictivas, que al recibir una corriente sinodal de elevada frecuencia la convierte en vibración mecánica acústica.

Es por ello que surge la necesidad de realizar un estudio de la aplicación de ultrasonido terapéutico en tratamiento de fisioterapia en personas con diagnóstico de fracturas.

CAPÍTULO I: FRACTURA

1.1. TEJIDO ÓSEO.

Los huesos están formados primordialmente por tejido óseo, aunque éste está acompañado por tejido conectivo propiamente dicho y por tejido cartilaginoso. El tejido conectivo forma el periostio y el endostio, membranas que revisten las superficies externa e interna de los huesos, respectivamente. El endostio está formado por tejido conectivo, con abundantes vasos sanguíneos, células osteogénicas y osteoblastos. En el adulto, contiene células inactivas que conservan la capacidad osteogénica en caso de lesión ósea para su consolidación. El endostio, también tiene capacidad osteogénica. (1)

a) **Histología del tejido óseo** : Las células son:

- ✓ **Células osteógenas:** son células madre, no especializadas, con capacidad de división; sus células hijas son los osteoblastos; se localizan en la porción interna del periostio y del endostio.
- ✓ **Osteoblastos:** son las células que construyen los huesos; sintetizan los componentes de la matriz del tejido óseo e inician en proceso de calcificación. (Sufijo blasto indica células que secretan matriz).
- ✓ **Osteocitos:** son las células maduras principales del tejido óseo; derivan de los osteoblastos que quedan atrapados en la matriz; intercambian nutrientes con la sangre. (sufijo cito indica células constituyentes de los tejidos).
- ✓ **Osteoclastos:** son células muy grandes, formadas por la fusión de 50 monocitos, ubicadas en el endostio; producen destrucción del hueso por medio de enzimas lisosómicas para permitir el desarrollo, crecimiento, mantenimiento y reparación normales del hueso. (sufijo clasto indica destrucción).(2)

b) **Funciones del sistema esquelético**

- ✓ **Sostén:** los huesos son el soporte de los tejidos blandos, y el punto de apoyo de la mayoría de los músculos esqueléticos.
- ✓ **Protección:** los huesos protegen a los órganos internos, por ejemplo el cráneo protege al encéfalo, la caja torácica al corazón y pulmones.
- ✓ **Movimientos:** en conjunto con los músculos.

- ✓ Homeostasis de minerales: el tejido óseo almacena calcio y fósforo para dar resistencia a los huesos, y también los libera a la sangre para mantener en equilibrio su concentración.
- ✓ Producción de células sanguíneas: en la médula ósea roja (tejido conectivo especializado) se produce la hemopoyesis para producir glóbulos rojos, blancos y plaquetas.
- ✓ Almacenamiento de triglicéridos: la médula ósea roja es reemplazada paulatinamente en los adultos por médula ósea amarilla, que contiene adipocitos.(2)

1.2. DEFINICIÓN.

Las fracturas es una discontinuidad en los huesos, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad del hueso. (1) (2).

En una persona sana, siempre son provocadas por algún tipo de traumatismo, pero existen otras fracturas, denominadas patológicas que se presentan en personas con alguna enfermedad de base sin que se produzca un traumatismo fuerte.

Si aplica más presión sobre un hueso de la que puede soportar, éste se parte o se rompe. Una ruptura de cualquier tamaño se denomina fractura y si el hueso fracturado rompe la piel, se denomina fractura abierta. (1) (2).

Las lesiones en los niños tipos características especiales debido a las propiedades del hueso inmaduro. Las lesiones musculo esqueléticas aparecen en el 40% aproximadamente de los pacientes pediátricos poli traumatizados. La cortical del hueso inmaduro es porosa y menos frágil, que la de adulto. (3)

Las fracturas que afectan al esqueleto en desarrollo difieren de forma significativa de las de los adultos y durante las distintas fases de la maduración esquelética.

- ✓ Son el 10-15% de todas las lesiones de la infancia.
- ✓ Puede ocasionarse con traumatismos basales.
- ✓ Etiología doméstica 37%.
- ✓ Accidente de tráfico 22%.

- ✓ Localización M.M.S.S. 72%.
- ✓ M.M.I.I. 28%.
- ✓ Metafisarias 45%.

Aproximadamente un 39,9% de niñas y un 50,7% de niños sufren alguna fractura antes de la madures esquelética. (4)

Algunos tipos de fracturas son únicos en la infancia, Las lesiones de los cartílagos de crecimiento se diferencia según la clasificación de Salter-Harris. Los ligamentos de crecimiento en los niños; por lo tanto las luxaciones y los esguinces son relativamente poco frecuentes, mientras que la alteración del cartílago de crecimiento del hueso son más frecuentes. (3)

1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS.

1.3.1. SEGÚN SU ETIOLOGÍA.

Hay varias circunstancias que pueden dar lugar a una fractura, aunque la susceptibilidad de un hueso para fracturarse por una lesión única se relaciona no sólo con su módulo de elasticidad y sus propiedades anisométricas, sino también con su capacidad de energía. (4)(5)

- a) **Fracturas Habituales:** El factor fundamental es un único traumatismo cuya violencia es capaz de desencadenar una fractura en un hueso de cualquier calidad. Son las más frecuentes, su gravedad y pronóstico son directamente proporcionales a la violencia del traumatismo causal.
- b) **Fracturas Por Insuficiencia o Patológicas:** En estas fracturas el factor fundamental es la debilidad ósea. Pueden deberse a procesos generales que cursen con osteopenia u osteosclerosis bien sean enfermedades óseas fragilizantes constitucionales ó metabólicas. O puede deberse a procesos locales como son los tumores primarios o metastásicos, ó procedimientos iatrogénicos que debiliten un área circunscrita de hueso.

- c) **Fracturas por Fatiga o Estrés:** La fractura es el resultado de sollicitaciones mecánicas repetidas. (4)(5) Gráfico N° 1

1.3.2. SEGÚN EL ESTADO DE LA PIEL:

a) Las Fracturas Abiertas:

Se clasifican de acuerdo a la longitud de la herida de la piel y al grado de contaminación observado en la evaluación inicial, se recomienda reevaluar al finalizar el desbridamiento:

- Grado I: herida menor de 1 cm, generalmente longitudinal y limpia.
- Grado II: laceración mayor de un cm y menor de 10 cm, sin pérdidas extensas de tejidos blandos, colgajos o avulsiones. Se puede cubrir el hueso sin necesidad de colgajos. No hay pérdida de periostio.
- Grado III: fracturas segmentarias, lesiones extensas de tejidos blandos que no cubran el hueso, amputaciones traumáticas:
 - IIIA: adecuada cobertura de tejidos blandos a pesar de tener laceraciones extensas y colgajos. Conminución severa. HPAF alta velocidad.
 - IIIB: heridas con contaminación masiva, pérdida de periostio, y exposición ósea que requieren colgajos para su cobertura.
 - IIIC: lesión vascular que requiera reparación para salvar la extremidad. (6) Gráfico N° 2

b) Las Fracturas Cerradas:

En su mayoría se producen por accidentes de tránsito, atropellos, motociclistas, pacientes proyectados fuera del vehículo y accidentes de trabajo como caídas de altura, aplastamiento por derrumbe o maquinaria pesada. Este tipo de traumatismo destaca entre las causas más comunes e importantes de complicaciones y muerte de un paciente politraumatizado. Se encuentran las fracturas de pelvis, son pacientes politraumatizados que tienen otras lesiones: traumatismo craneoencefálico 10%, otras fracturas 7%, traumatismo

urológico 7%, lesión del plexo lumbosacro 3%, politraumatizado en general 9%. (6) Gráfico N° 2

1.3.3. SEGÚN SU LOCALIZACIÓN:

Los huesos largos se pueden dividir anatómicamente en tres partes principales:

- a) **La Diáfisis** es la parte más externa del hueso, que corresponde a su zona media.
- b) **La Epífisis** son los dos extremos, más gruesos, en los que se encuentran las superficies articulares del hueso; en ellas se insertan gran cantidad de ligamentos y tendones, que refuerzan la articulación.
- c) **Las Metáfisis** son unas pequeñas zonas rectangulares comprendidas entre las epífisis y la diáfisis, sobre ella se encuentra el cartílago de crecimiento de los niños. (1) Gráfico N° 3

1.3.4. SEGÚN EL TRAZO DE LA FRACTURA:

- a) **Transversales:** la línea de fractura es perpendicular al eje longitudinal del hueso.
- b) **Oblicuas:** la línea de fractura forma un ángulo mayor o menor de 90 grados con el eje longitudinal del hueso.
- c) **Longitudinales:** la línea de fractura sigue el eje longitudinal del hueso.
- d) **En ala de mariposa:** existen dos líneas de fractura oblicuas, que forman ángulo entre si y delimitan un fragmento de forma triangular.
- e) **Conminutas:** hay múltiples líneas de fracturas con formación de numerosos fragmentos. (10) Gráfico N° 4

1.3.5. EN LOS NIÑOS, DEBIDO A LA GRAN ELASTICIDAD DE SUS HUESOS SE PRODUCEN DOS TIPOS ESPECIAL DE FRACTURAS:

a) Incurvación Diafisarias:

No se evidencia ninguna fractura lineal, ya que se ha producido es un aplastamiento de las pequeñas trabéculas óseas que conforman el hueso, dando como resultado una incurvación de la diáfisis del mismo.

b) En Tallo Verde:

El hueso está incurvado y en su parte convexa se observa una línea de fractura que no llega a afectar todo rodete del hueso. (10) Gráfico N° 5

1.3.6. SEGÚN LA DESVIACIÓN DE LOS FRAGMENTOS:

a) Anguladas: los dos fragmentos en que ha quedado dividido el hueso a causa de la fractura forman un ángulo.

b) Con desplazamiento lateral: las dos superficies correspondientes a las líneas de fracturas no puedan confrontarse. Entre si, por haberse desplazado lateralmente uno o los dos fragmentos.

c) cabalgadas: uno de los fragmentos queda situado sobre el otro, con lo cual se produce un acortamiento del hueso afectado.

d) Impactada: uno de los fragmentos ha quedado empotrado en el otro.

(11)

1.3.7. SEGÚN EL MECANISMO DE PRODUCCIÓN:

a) TRAUMATISMO DIRECTO:

La fractura se produce en el punto sobre el cual ha actuado el agente traumático. Por ejemplo: fractura decúbito por un golpe fuerte en el brazo.

Gráfico N° 6

b) TRAUMATISMO INDIRECTO:

La fractura se produce a distancia del lugar donde ha actuado el agente traumático. Por ejemplo: fractura de codo por una caída sobre las palmas de las manos. (1)

b.1. Fracturas Por Compresión.

La fuerza actúa en el eje del hueso, suele afectar a las vértebras, meseta tibial y calcáneo. Se produce un aplastamiento, pues cede primero el sistema trabecular vertical paralelo, aproximándose el sistema horizontal.

b.2. Fracturas Por Flexión.

La fuerza actúa en dirección perpendicular al eje mayor del hueso y en uno de sus extremos, estando el otro fijo. Los elementos de la concavidad ósea están sometidos a compresión, mientras que la convexidad está sometida a distracción. Y como el tejido óseo es menos resistente a la tracción que a la compresión, se perderá cohesión en el punto de convexidad máxima para irse dirigiendo a la concavidad a medida que cede el tejido óseo. Al sobrepasar la línea neutra puede continuar en un trazo único o dividirse en la zona de concavidad, produciéndose la fractura en alas de mariposa.

b.3. Fractura Por Cizallamiento.

El hueso es sometido a una fuerza de dirección paralela y de sentido opuesto, originándose una fractura de trazo horizontal.

b.4. Fractura Por Torsión.

La torsión se define como la deformación de un objeto como resultado de una fuerza que le imprime un movimiento de rotación sobre su eje, estando un extremo fijo. También puede definirse como la acción de dos fuerzas que rotan en sentido inverso. Se originaran las fracturas espiroideas. (11)

b.5. Fracturas Por Tracción.

Se produce por el resultado de la acción de dos fuerzas de la misma dirección y sentido opuesto. Son los arrancamientos y avulsiones. (11) gráfico N° 7

1.4. DIAGNÓSTICO DE LAS FRACTURAS.

Hay fracturas con manifestaciones clínicas y radiográficas muy evidentes por su desplazamiento, otras, por su localización y escaso desplazamiento, pueden plantear dificultades diagnósticas. Todas requieren un estudio clínico detallado valorando todos los factores que influyen en el pronóstico y el tratamiento: desplazamiento, estabilidad, localización, trazo, etc. que influyen en el pronóstico y tratamiento de las fracturas; con una cuidadosa y sistemática recogida de antecedentes, exploración clínica detallada y un estudio radiográfico bien dirigido, se evita omisiones diagnósticas tanto de la fractura como de sus lesiones asociadas y complicaciones, especialmente en las fracturas no desplazadas, fracturas de huesos profundos y poli traumatizados.

a) La Anamnesis.

Revela en toda interrupción ósea un cuadro de *impotencia funcional*, que será, absoluta (sí los fragmentos están desplazados) ó relativa (en las fisuras y fracturas engranadas); *dolor*, que podrá originar un shock traumático; habrá *crepitación de los fragmentos y hemorragias*. Aunque puede que el paciente no mencione antecedente traumático, si se trata de fracturas por sobrecarga ó patológicas, la anamnesis debe ir dirigida a recoger datos de cómo ha sido el accidente, cuánto tiempo hace y los datos propios del enfermo. (9)

b) Manifestaciones clínicas.

Todas las fracturas traumáticas, en mayor o menor grado, presentan como síntomas clínicos dolor e impotencia funcional; el dolor es muy intenso en el momento de producirse la fractura, cediendo parcialmente en las siguientes horas, aumenta con la movilización y cede en gran parte si se inmoviliza el segmento lesionado, varía

en intensidad según el trazo de fractura y su localización; fracturas impactadas o de los pequeños huesos de la mano y el pie pueden dar molestias dolorosas discretas. Las fracturas diafisarias tanto las completas como las incompletas son siempre muy dolorosas, mientras que las epifisarias y metafisarias son mejor toleradas; la limitación funcional tiene relación directa con el desplazamiento de la fractura; en las fracturas muy desplazadas hay una impotencia funcional casi completa por la interrupción de la palanca ósea; en las fracturas incompletas e impactadas tan solo hay una limitación funcional debida al dolor y el espasmo muscular antiálgico, o incluso está ausente.

c) Los signos clínicos de las fracturas son:

Dolor provocado, equimosis, deformidad, movilidad anómala y crepitación; tienen extraordinaria variación en función de la magnitud de la fractura, el desplazamiento y su localización más o menos profunda; la palpación provoca dolor a nivel del foco de fractura permitiendo su localización.

En las fracturas no desplazadas por mecanismo directo, más valor tiene el dolor provocado al someter al hueso a una suave fuerza de inflexión o una compresión axial percutiendo en dirección longitudinal, ya que el simple dolor a la palpación puede corresponder a la lesión de otra estructura no ósea.

c.1. La equimosis.

Puede tener su origen en la lesión de la piel por el agente traumático en las fracturas por mecanismo directo, siendo de aparición casi instantánea; otras veces, la equimosis no es más que la infiltración de la piel por la sangre procedente de la hemorragia ósea o de las partes blandas profundas perifracturarias; en este caso es un signo clínico más o menos tardío dependiendo de la oposición mecánica que tenga la sangre para difundirse, si la fractura es en un hueso superficial aparece en pocas horas; si es un hueso profundo puede tardar 4 o 5 días en aparecer.

c.2. La deformidad.

Es debida en parte a la tumefacción local por el hematoma y el edema, pero la principal causa de deformidad es la desviación de los fragmentos óseos, el desplazamiento en parte es provocado por el traumatismo, o la acción de la gravedad sobre los extremos distales a la fractura, pero lo más importante es la

acción de los músculos sobre los fragmentos óseos; el propio tono muscular o la contractura antiálgica que arrastra el fragmento óseo sobre el que se inserta, por lo que cada nivel de fractura tiene un desplazamiento típico.

c.3. La movilidad anómala del segmento óseo fracturado.

Es un signo inequívoco de fractura que pone de manifiesto no solo que la fractura es completa y grave, sino que además goza de importante inestabilidad; es un signo clínico que debe recogerse pero no provocarse puesto que movilizándolo el foco de fractura puede aumentarse el desplazamiento y ampliar la lesión de las partes blandas.

c.4. La crepitación.

No es más que la consecuencia del rozamiento de los extremos fracturarios en su desplazamiento. Por las mismas que la movilidad anómala debe recogerse pero nunca provocarse.

1.5. EXPLORACIÓN.

Debe comenzarse con la inspección y palpación de la zona lesionada, seguido de una evaluación de la movilidad y del estado neuro-vascular.

La lesión nerviosa podrá ser inmediata, simultánea a la fractura, como consecuencia del traumatismo o secundaria a los desplazamientos fragmentarios que alongarán, contundirán o seccionarán al nervio. (12)

a) Exploración Radiológica.

Es imprescindible para la evaluación de la fractura. No solo no confirma el diagnóstico, sino que establece las características de la fractura.

Deben pedirse dos proyecciones, generalmente perpendiculares (deberá girarse el aparato de Rx, no el miembro) y deberá incluir las dos articulaciones adyacentes, para descartar lesiones asociadas.

En caso de dudas puede ser necesario el uso de otras proyecciones, radiografías en estrés o recurrir a técnicas de imagen como TAC, gammagrafías o tomografías. Pueden

ser necesario radiografías de los dos miembros para comparación, como ocurre en la infancia, solicitar radiografías en ocasiones sucesivas.

1.6. PRONÓSTICO.

Los datos clínicos y radiográficos deben servir para diagnosticar la lesión y poder establecer un pronóstico. La siguiente tabla refleja los factores favorables y desfavorables que se pueden encontrar. (12)

1.7. PROCESO DE CONSOLIDACIÓN.

La reparación de la fractura tiene unas características especiales, es un proceso de restauración que se completa sin formación de cicatriz. A diferencia de lo que ocurre en otros tejidos como la piel, al finalizar el proceso de reparación sólo queda hueso maduro en lugar de la fractura. (12)

a) Fase de Impacto.

La consolidación espontánea de la fractura empieza con la formación de un hematoma en el lugar de la fractura, ya que la necrosis y hemorragia que se producen va a liberar factores que iniciaran y regularan todo el proceso de activación y que comprenderá tres fases:

- ✓ Migración de células mesenquimales atraídas por factores quimiotácticos.
- ✓ Proliferación celular como respuesta a factores mitogénicos.
- ✓ Diferenciación celular regulada por factores inductores.

b) Fase de Inflamación.

La finalidad de esta respuesta inflamatoria, es la limpieza del foco de fractura para preparar el terreno a la consolidación. Se inicia inmediatamente después de producirse la fractura.

Se produce un acumulo de líquido en el espacio intersticial por vasodilatación y aumenta la permeabilidad capilar en respuesta a factores como histamina, serotonina, etc. y localmente se concentran, leucocitos, y especialmente neutrófilos, a los que se unen progresivamente células de la serie mononuclear-fagocítica.

Todas las células inflamatorias, como las plaquetas del hematoma fractuario, liberan factores locales que desencadenan la proliferación, emigración y diferenciación de células mesenquimales y la aparición de brotes vasculares que invadirán el foco. Entre el 4º y 21 día hay un aumento del flujo sanguíneo local.

La regularización del proceso de consolidación va a depender en parte de la electronegatividad y la relativa falta de oxígeno. (12)

c) Fase De Formación de Callo Blando.

Hay proliferación y diferenciación celular con un aumento de proliferación vascular. La proliferación se pone en marcha donde se encuentra el periostio, endostio y tejido circundantes vasculares, comienzan a aparecer osteoblastos, osteoclastos y condroblastos.

Los osteoblastos y condroblastos forman una amalgama celular responsable del callo blando. La fractura se acompaña de la interrupción del *periostio* en las dos capas que lo componen:

- ✓ Capa fibrosa externa.
- ✓ Capa fibrosa interna ó cambium.

Las células del cambium proliferan y se diferencia formando un collarite alrededor de cada extremo fractuario, hasta que llegan a unirse, formando *el callo periférico periostico*.

Cuando la oxigenación del foco es buena la diferenciación de las células del cambium, se produce en sentido osteoblastico (sintetizan osteoide, y suponen el primer paso de un proceso de osificación desmógena directa), y si es hipóxico se hace en sentido condroblastico (sintetizan sustancia intercelular amorfa).

La interrupción del endostio y de la medular también producirá una diferenciación celular, formando el *callo medular ó endóstico* y sufrirá una diferenciación osteoblástica. Todo esto se ve acompañado por la generación de focos de angiogénesis que establecerán un nuevo sistema de perfusión local. (12)

d) Fase de Formación de Callo Duro.

Se produce la mineralización del callo blando y variara dependiendo del tejido subyacente:

- El tejido osteoide neoformado se va a mineralizar directamente por el depósito de cristales de hidroxapatita.
- El tejido cartilaginoso seguirá un proceso de osificación endcondral similar al que siguen los moldes cartilagosos del feto. El tejido óseo resultante es de tipo fibrilar. (12)

e) Fase de Remodelación.

Durará meses y años, hasta que el hueso fibrilar se transforma en laminar trabecular en las zonas epifisometafisaria y haversiano en la cortical diafisaria.

En esta fase desaparece la electronegatividad, se normaliza la tensión de oxígeno y la cavidad medular, ocupada por el tejido neoformado, es vaciado y ocupado por médula ósea. Esta fase conducirá a una reorganización interna del callo.

El hueso responde a sus características de carga de acuerdo a la ley de Wolf durante la fase de remodelación. Gráfico N° 8

1.8. COMPLICACIONES.

Hay un gran número de complicaciones que potencialmente pueden asociarse a las fracturas, pueden clasificarse en generales y locorreionales. Muchas de las complicaciones generales están relacionadas entre sí, pudiendo conducir unas a otras. (11)

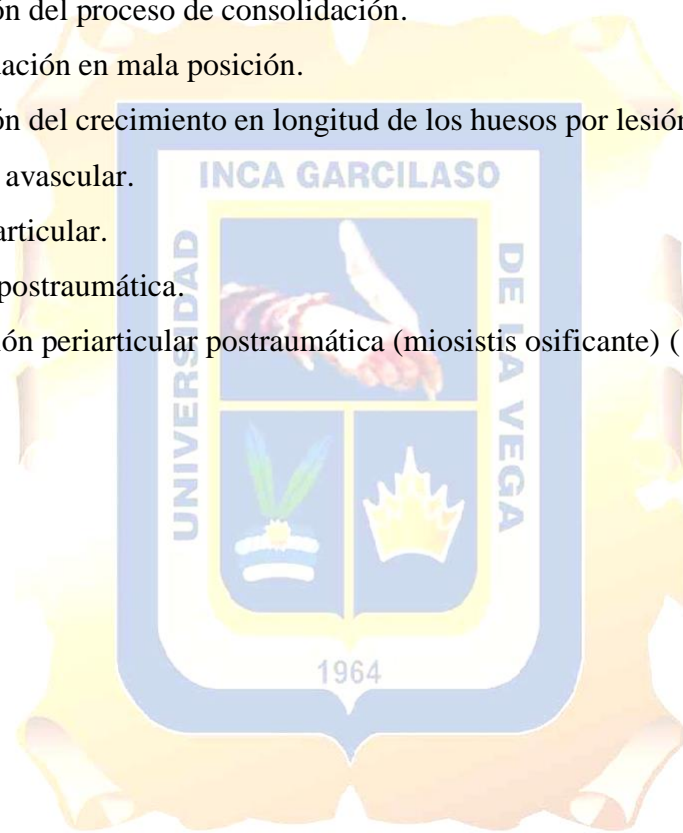
a) Complicaciones Generales:

- ✓ Shock postraumático(hipovolémico, cardiogénico, neurogénico o séptico).
- ✓ Trombosis venosa profunda y sus complicaciones ,especialmente la embolia pulmonar.
- ✓ Coagulación intravascular diseminada.
- ✓ Síndrome de embolia grasa.

- ✓ Síndrome de dificultad respiratoria del adulto.
- ✓ Fracaso multiorgánicos y multisistémico.
- ✓ Tétanos.
- ✓ Complicaciones psiquiátricas. (12)

b) Complicaciones regionales/ local:

- ✓ Lesiones vasculares, nerviosas y musculotendinosas.
- ✓ Síndrome compartimental.
- ✓ Infección de partes blandas, osteomielitis y artritis sépticas.
- ✓ Alteración del proceso de consolidación.
- ✓ Consolidación en mala posición.
- ✓ Alteración del crecimiento en longitud de los huesos por lesión fisaria.
- ✓ Necrosis avascular.
- ✓ Rigidez articular.
- ✓ Artrosis postraumática.
- ✓ Osificación periarticular postraumática (miositis osificante) (12).



CAPÍTULO II: ULTRASONIDO

2.1. DEFINICIÓN.

Es una vibración acústica en frecuencias ultrasónicas, no audibles. Aplicado en fisioterapia, se denomina ultrasonido terapéutico para distinguirlo de la aplicación diagnóstica o ecográfica. El ultrasonido terapéutico aplicado es de baja intensidad, pero con energías elevadas tiene otras aplicaciones en litotricia y destrucción de tumores.

Se produce por la vibración de un cristal con propiedades electrostrictivas, que al recibir una corriente sinodal de elevada frecuencia la convierte en vibración mecánica acústica.

El ultrasonido, por tener efectos térmicos por conversión de energía, se incluye entre las modalidades de diatermia o termoterapia profunda, pero también tiene otros efectos no térmicos. Se distingue de la onda corta y microonda de energía electromagnética, porque la energía sónica se comporta de manera distinta en la elevación de temperatura de los tejidos y en la penetración, y carece de contraindicaciones por inclusiones metálicas.

2.2. ASPECTOS FÍSICOS DE LA EMISIÓN Y LA APLICACIÓN.

a) **Frecuencia de emisión:** la frecuencia estándar es de 1 MHz, pero muchos aparatos tienen también 3MHz. La profundidad de penetración está en relación inversa con la frecuencia con 1 MHz se pueden alcanzar más de 7 cm, y con 3 MHz la penetración efectiva es de unos 3 cm, más adecuada para tratamientos superficiales. Grafico N° 1

b) **Transductor o cabezal:** el transductor que emite el ultrasonido es siempre más pequeño que el cabezal que lo contiene. El área efectiva de emisión o ERA (effective radiating area) se expresa en unidad de superficie. La intensidad de emisión no es uniforme en toda la superficie del transductor y hay puntos calientes junto a otros de débil zonación. Por problemas físicos es inevitable que se produzca un haz central y una corona de haces alrededor, y por eso es imprescindible mover el cabezal durante el tratamiento para uniformizar el efecto y evitar los puntos calientes que se producen en una emisión estacionaria. La mayor o menor uniformidad depende de la calidad de fabricación del cristal transductor, que el fabricante debe especificar como

índice de no uniformidad o BNR. La no uniformidad se puede observar echando unas gotas de agua sobre el cabezal vertical y viendo cómo se forma un surtidor central de agua pulverizada rodeado de una roseta de pequeños surtidores esta sencilla prueba permite comprobar el funcionamiento del cabezal. Gráfico N° 2

c) **Acoplamiento cabezal – piel:** el ultrasonido se transmite mal en el aire y es necesario interponer una sustancia de acoplamiento entre la superficie emisora del cabezal y la piel para rellenar los huecos con aire que dejan las irregularidades cutáneas.

d) **Aplicación en contacto directo del cabezal:** se interpone un gel de acoplamiento, buen transmisor del ultrasonido, entre el cabezal y la piel. El gel es de alta viscosidad, baja atenuación, poca tendencia a producir burbujas, olor neutro o agradable. No sirven los geles utilizados en electrocardiografía o electroterapia ya que están diseñados para ser conductores eléctricos y puede que no transmitan el ultrasonido o dañen el cabezal. La transmisión de un gel cambia según la frecuencia del ultrasonido, los geles con aspecto transparente suelen tener una buena transmisión, en cambio las cremas y emulsiones de aspecto opaco son malas transmisoras. Si la piel del paciente conserva restos de una crema cosmética, es mejor eliminarlos con alcohol antes del tratamiento. Cuando el gel no cubre en exceso el área de tratamiento y el cabezal llega a contactar directamente con la piel en los bordes, la potencia disminuye, la penetración es irregular y el cabezal se calienta y se puede dañar. En una zona de pelo abundante el gel se emulsiona con aire creando problemas de transmisión, por lo que es aconsejable un rasurado previo. Después de cada aplicación es imprescindible limpiar los restos de gel que quedan en el cabezal y, si es preciso, aplicar un desinfectante.

e) **El haz ultrasónico:** una vez que el haz de ultrasonido ha penetrado la piel, sufre importantes cambios a medida que se va introduciendo en los tejidos más profundos. Si se estudia en el laboratorio la propagación en un medio uniforme como el agua, el haz converge en los primeros centímetros es la llamada zona Fresnel o campo próximo, en la que se hace más estrecho pero

conservando los puntos calientes en roseta, que se van agrupando. Después se forma un haz único divergente más uniforme, con mayor intensidad central.

f) **Intensidad o dosis:** la que recibe el paciente depende de la potencia sónica nominal del circuito emisor y del área del cristal transductor, y por eso se expresa en W/cm^2 . **Atenuación y profundidad de penetración:** a medida que penetra en el cuerpo, el haz ultrasónico va perdiendo intensidad por fenómenos físicos de divergencia, reflexión, difracción, absorción y conversión en el calor. Estos factores se han estudiado detalladamente en el laboratorio en medios homogéneos, pero en la práctica clínica sólo podemos basarnos en una aproximación, aunque suficientemente útil para saber la profundidad a la que podemos llegar y la intensidad que va a ser necesaria para alcanzar un nivel terapéutico.

Profundidad eficaz del Haz Ultrasónico en los tejidos corporales. (13)

g) **Absorción selectiva por los tejidos:** el grado de absorción y conversión de energía depende del coeficiente de absorción de los tejidos, de las interfaces que los separan, y de la frecuencia, dosis y tiempo de aplicación del ultrasonido. Los tejidos corporales tienen diferentes coeficientes de absorción y conversión de la energía ultrasónica en calor. La mayor absorción se produce en los tejidos ricos en colágeno, en los de elevado contenido de agua o sangre, como el músculo, la absorción es escasa. Debido a los cambios de impedancia acústica se produce un aumento de la reflexión en las interfaces entre tejidos distintos, y el tejido precedente recibe mayor radiación. Si accidentalmente se mantiene el cabezal estacionario, se producen ondas estacionarias, con puntos calientes que reciben una sobredosis.

Las reflexiones son también peligrosas al irradiar cavidades orgánicas con líquido o gas, cuyas paredes actúan como reflectores. El periostio recibe siempre una intensidad más elevada por la reflexión del haz ultrasónico contra el hueso, y por un fenómeno de cizallamiento y reflexiones múltiples en el espacio virtual periostio-hueso. Como es un tejido con rica inervación, una dosis excesiva de ultrasonido continuo, térmico, ocasiona un molesto dolor profundo que es un útil

signo de alarma. La absorción selectiva y más intensa en el tejido de colágeno y las interfaces hace que el ultrasonido sea el medio ideal para actuar sobre tendones, vainas y fascias. Por el contrario, es poco eficaz para calentar los músculos ya que lo absorben poco y están muy irrigados.

h) **Área de aplicación y tiempo:** el área de tratar ha de ser lo suficientemente extensa como para poder mover el cabezal, pero no tanto que cada punto sea sonado sólo breves momentos en los desplazamientos. Son inviables algunas propuestas de irradiar longitudinalmente la columna vertebral de la zona cervical a la sacra en barridos únicos. Se debe hacer por segmentos muy reducidos. Hay una relación entre el área del cabezal, el área a tratar y el tiempo de la sesión. (13).

2.3. EFECTOS.

Para su aplicación clínica, los efectos biofísicos del ultrasonido se diferencian en:

a) **Efectos térmicos:** se consideran directamente relacionados con el aumento de temperatura de los tejidos y son principalmente:

- **Aumento de temperatura local:** el aumento real de temperatura en los tejidos depende, además de la absorción de la energía sónica, del aumento de la circulación local y del grado de disipación del calor a los tejidos circundantes, lo que es bastante imprevisible.
- **Aumento de la circulación:** con intensidades inferiores a 1.5 W/cm^2 de ultrasonido y otras modalidades de diatermia es moderado y menor que el conseguido con un ejercicio suave.
- **Aumento del metabolismo celular:** éste puede tener efectos beneficiosos en la cicatrización, especialmente en el aumento de la síntesis proteica en los fibroblastos, pero está contraindicado en tejidos isquémicos.
- **Modificación de las propiedades viscoelásticas del tejido conjuntivo:** se produce un aumento de la extensibilidad. El éxito del ultrasonido como preparación a elongaciones, al lograr una mayor extensibilidad con menos peligro de lesión aprovechando su selectividad por el mismo.

b) **Efectos no térmicos:** son los siguientes:

- **Cavitación:** en un tejido orgánico bajo el efecto del ultrasonido se producen compresiones y descompresiones sucesivas en puntos separados de media longitud de onda, de 0.75 mm en la frecuencia de 1 MHz y 0.5 mm en la de 3 MHz. Las compresiones y descompresiones dan lugar a la formación de burbujas microscópicas de gas o vapor. Durante la fase de compresión, estas burbujas se reducen o desaparecen, y durante la descompresión, se expanden en la llamada **cavitación estable**. A intensidades elevadas, la cavitación estable se puede convertir en **cavitación inestable** o transitoria con expansión progresiva durante varios ciclos, y finalmente, con implosión y colapso de las burbujas. (13) Fenómeno de cavitación por ultrasonido. Cavitación estable con formación y reabsorción cíclica de burbujas de gas. Cavitación inestable con crecimiento progresivo e implosión de las burbujas liberando energía. (13)

2.4. EFECTOS BIOFÍSICOS DE LOS ULTRASONIDOS.

a) **Efectos mecánicos:**

Son los primeros que se producen en los tejidos corporales tras la aplicación de ultrasonidos y se relacionan directamente con las variaciones de presión y la aceleración que sufren las partículas de un medio al ser sometidas a la vibración ultrasónica. Los más importantes son:

- Aumento de la permeabilidad de las membranas biológicas y aceleración de los procesos de difusión de sustancias e iones, esto unido a, mejorar la circulación sanguínea, va a mejorar el metabolismo celular y por tanto, va a facilitar los procesos de regeneración.
- Estimulación de las terminaciones nerviosas sensitivas de la piel con reacciones locales y generales. Estos efectos mecánicos terapéuticos son más acentuados en las superficies de interface de los tejidos, debido al fenómeno de reflexión antes explicado, y serán mayores con el ultrasonido de 3 MHz que con el de 1MHz, ya que la aceleración de las partículas irá en proporción directa de la frecuencia ultrasónica.

b) Efectos Térmicos:

La energía ultrasónica absorbida por los tejidos se transforma en calor debido a las fricciones moleculares que provoca. La cantidad de calor generada en un tejido depende de la cantidad de energía aplicada al mismo y del coeficiente de absorción característico de ese tejido. El calor se genera especialmente en los puntos de reflexión de ultrasonido donde se producen fenómenos de interferencia de ondas ultrasónicas que conducen a un aumento de la intensidad. La superficie de interface más importante del cuerpo se sitúa entre el periostio y la superficie externa del hueso entre los cuales hay interpuesta una minúscula capa de aire. Los efectos térmicos principales del ultrasonido son:

- Aumento del flujo sanguíneo periférico arterial,
- Aumento de la permeabilidad de la membrana biológica,
- Modificación de la velocidad de conducción en los nervios periféricos.

El aumento de temperatura en los tejidos dependerá de la cantidad de calor generado en los mismos y del efecto regulador de la circulación sanguínea que tiende a disipar el exceso de calor. Por esto, en aquellas enfermedades que presentan un trastorno circulatorio, el calor generado podrá producir un aumento de la temperatura nocivo. El aumento de temperatura será una contraindicación de lesiones agudas, ya que los vasos sanguíneos en regeneración pueden sufrir hemorragias con facilidad. (14)

2.5. EFECTOS FISIOLÓGICOS.

a) Estimulación de la circulación sanguínea local: el calor aportado a los tejidos por los ultrasonidos provoca una reacción vasodilatadora local tendente a mantener la temperatura corporal dentro de unos límites estrechos. También es posible conseguir un aumento de la circulación y de la temperatura epidérmica de una zona indirectamente, con la aplicación paravertebral de ultrasonido.

La mejoría de la circulación sanguínea y linfática tiene un efecto favorable sobre la reabsorción del fluido del edema, efecto antiinflamatorio y aumenta la eliminación de los irritantes tisulares mediadores del dolor, efecto analgésico.

b) Sobre el tejido nervioso:

Variación de la velocidad de conducción de los nervios periféricos: a dosis bajas o en aplicaciones breves de menos de 5 minutos con escasa o nula elevación térmica tisular, la velocidad de conducción disminuye. A dosis altas, sin embargo, aumenta consecuencia del efecto térmico. Si la dosis es muy alta puede llegar a producirse bloqueos en la conducción nerviosa.

- Aumento del umbral doloroso y disminución de la excitabilidad.
- Con dosis de $0,5 \text{ w/cm}^2$ se consigue una aceleración del proceso de regeneración del cabo distal de un axón en regeneración.

c) Relajación muscular: normalización del tono muscular.

d) Efecto analgésico: debido a la mejora de la circulación sanguínea, a la disminución del espasmo muscular y a la estimulación directa de las fibras nerviosas aferentes.

2.6. DOSIFICACIÓN.

La dosis o energía total aplicada en el curso de un tratamiento depende de la intensidad de la onda ultrasónica, de la superficie de irradiación ERA y del tiempo de irradiación, la dosis puede expresarse como el producto de la intensidad por el tiempo. (14)

a) Técnicas de Aplicación

- **Aplicación por contacto:** en esta técnica se emplea un gel de acoplamiento y se efectúan deslizamientos del cabezal para homogeneizar la radiación en los tejidos. Una zona de 10 cm de lado requiere 10 minutos de tratamiento y se considera la más grande a tratar, sin embargo, la tendencia actual es realizar tratamientos muy localizados y en puntos concretos. Si se trata de zonas extensas, hay que hacer aplicaciones sucesivas por campos. No es admisible una técnica estacionaria con cabezal fijo, por el peligro de puntos calientes y la heterogeneidad del efecto.

2.7. MODALIDAD.

a) **La modalidad continua o calor profundo:** se utiliza en todas las indicaciones de termoterapia profunda al alcanzar mayor profundidad y eleva la temperatura de los tejidos, sobre todo de los tendones, vainas y fascias.

b) **La modalidad pulsada:** está indicada en procesos inflamatorios y traumáticos recientes, en los que el calor está contraindicado, y en dolores de tendinopatías o atrapamientos. En el ultrasonido pulsado, la emisión se interrumpe de forma periódica intercalando pausas en las que se disipa el mínimo calor generado durante el pulso, el efecto más o menos térmico depende del ciclo de trabajo o relación pulso. Grafico N° 3

2.8. INDICACIONES DEL ULTRASONIDO.

a) **Analgesia:** el ultrasonido puede disminuir el dolor alterando su transmisión y percepción o modificación de las condiciones locales que lo causan. Como medio terapéutico analgésico ha mostrado ser más efectivo que un placebo u otro agente físico en diversos procesos.

Se cree que la analgesia por ultrasonido está relacionada con cambios en la velocidad de conducción de los nervios, en la eliminación de mediadores del dolor por un aumento de la circulación local y en alteraciones de la permeabilidad de la membrana celular, que disminuyen la inflamación y facilitan la regeneración tisular. También se puede atribuir en parte al aumento de temperatura que activa los termorreceptores cutáneos que modulan la transmisión del dolor, o indirectamente a la mejora de la reparación tisular, a la disminución de la contractura muscular y de la isquemia. El aumento de temperatura puede producir directamente analgesia por contra irritación. Como el calor se absorbe bien por la vaina de mielina y la membrana nerviosa, puede aumentar el umbral de las fibras nociceptoras o activar de preferencia las de mayor diámetro y modular el dolor a nivel medular por la teoría de la puerta. El ultrasonido modifica la velocidad de conducción del nervio normal y cambia el umbral de dolor.

b) **Inflamación aguda:** tradicionalmente se afirmaba que el ultrasonido, como toda termoterapia estaba contraindicado en los procesos inflamatorios ya que podía

agravarlos, aunque se diera en dosis bajas, atérmicas. Actualmente, con las modalidades pulsadas atérmicas se puede aplicar en la fase precoz de la inflamación aguda como revulsivo, promotor de la inflamación, sin agravarla y para acelerar la curación. (1)

El ultrasonido acelera la liberación de histamina por los mastocitos por un efecto no térmico de cavitación que aumenta el transporte de iones de calcio a través de la membrana estimulando la liberación de histamina.

c) Ultrasonido en inflamación crónica: en casos con poca inflamación, el continuo actuaría por vasodilatación como terapia suave.

d) Tratamiento segmentario: la irradiación con ultrasonido pulsado a 0.5 W/cm² o hasta 2.0 W/cm² en personas obesas de las raíces, al salir por los agujeros de conjugación o trayecto inicial paravertebral, forma parte del tratamiento de las radiculopatías pero también se ha descrito como tratamiento segmentario con efectos analgésicos antes del tratamiento local de una patología perteneciente a la misma metámera. El tratamiento segmentario también puede ser de las cadenas simpáticas paravertebrales, con objeto de provocar vasodilatación en una extremidad y cierta analgesia. Incluso se puede irradiar el ganglio estrellado junto al borde posterior del esternocleidomastoideo, haciendo con precaución para evitar una reacción vegetativa. La localización de las cadenas simpáticas. Puntos aproximados de aplicación de ultrasonido en las raíces y ganglio simpáticos paravertebrales. (13)

- i) **Retracción de partes blandas:** por la selectividad en calentar el tejido fibroso, el ultrasonido es efectivo en las retracciones, mejorando la extensibilidad y mnfacilitando los estiramientos y la ganancia por efecto crepé. Es mejor aplicarlo durante el estiramiento y mantener la tracción 5 – 10 minutos más durante el enfriamiento.

2.9. CONTRAINDICACIONES.

Aunque el ultrasonido es una intervención relativamente segura, se debe aplicar con cuidado para evitar daños al paciente.

- ✓ En neoplasias.
- ✓ En las prótesis totales con partes o cemento plástico o metacrilato, el cual presenta un calentamiento específico.
- ✓ En presencia de marcapasos, por la posibilidad de que se produzca un daño mecánico en el circuito.
- ✓ Tromboflebitis y trombosis venosa.
- ✓ En aplicación estacionaria sobre una arteria, ya que puede producir lesión endotelial.
- ✓ En los ojos, las gónadas y los implantes mamarios de silicona, por las reflexiones múltiples que se producen.
- ✓ En epífisis fértiles en niños.
- ✓ Con ultrasonido continuo, térmico, en los casos en que está contraindicado el calor.
- ✓ En la inflamación aguda por infección.
- ✓ Fracturas, en dosis muy baja, que no proporciona los aparatos corrientes, se considera que acelera la formación de callo, pero a dosis altas la interfiere.
- ✓ Isquemia.
- ✓ Polineuropatías la aplicación sobre el nervio puede producir o agravar el bloqueo(13).
- ✓ Heridas recientes.
- ✓ En tumores cancerígenos.
- ✓ En focos de tuberculosis.
- ✓ En procesos infecciosos agudos.
- ✓ Sobre cicatrices queloides.

2.10. PRECAUCIONES EN EL USO DEL ULTRASONIDO.

- ❖ Fracturas recientes.
- ❖ Osteosíntesis o endoprótesis.
- ❖ Fisuras óseas cercanas a la zona.
- ❖ Traumatismo en proceso agudo.
- ❖ Precaución cuando debajo se hallen cavidades con aire, como pulmones o intestinos.
- ❖ En fetos ni mujeres embarazadas pues superamos la potencia alcanzada por la ecografía. (16)

CAPÍTULO III: TRATAMIENTO ULTRASONIDO

Entre los usos del ultrasonido con fines terapéuticos se distingue en la actualidad con resultados muy positivos, el empleo de una señal ultrasónica de baja intensidad, pulsada, para la aceleración de la reparación ósea. Esta terapia está demostrando ser un eficaz método para la aceleración de la curación de las llamadas fracturas frescas, pero también, para el tratamiento de las uniones retardadas. Poder contar con una estrategia alternativa de tratamiento de la fractura posee una gran importancia, ya que el complejo proceso de reparación ósea aun atendido por la más avanzada técnica médica tradicional, constituye un reto en la ortopedia moderna.

3.1. INTENSIDAD O DOSIS.

Los parámetros de la dosificación recomendados para el tratamiento con ultrasonido son, según la Organización Mundial de la Salud, de 0.1 a 3 W/cm² en forma pulsátil y de 0 a 2 w/cm² en emisión continua.

Esta dosis que reciben los pacientes dependen de la intensidad nominal del circuito emisor y del área del cristal transductor (ERA). La intensidad nominal del aparato es especificada por el fabricante en las características de su catálogo, sin embargo, los valores de la dosis no siempre son fiables por errores de calibración.

Los errores de la calibración de los equipos son traídos de fábrica y se empeoran aún más cuando el aparato no ha tenido un buen mantenimiento o el cabezal se desajusta por golpes o caídas La dosificación es el producto de la potencia (Intensidad de energía expresada en W/cm² multiplicado por el Área de radiación efectiva del cabezal en cm²) por el tiempo en segundos, que el paciente es sometido a esta energía. Se expresa en Joule en W, es decir, la intensidad de energía del ultrasonido se expresará como potencia por área de superficie.

Los equipos ENRAF evaluados, permiten el uso de una onda continua de 2 w/cm² y pulsátil hasta 3 w/cm². Por tanto, cuando se usa el cabezal más grande de 5 cm² de ERA se generará como potencia máxima 15 W y cuando se usa el cabezal chico de 1.0 cm² de ERA se producirá una potencia máxima de 3.0 W.

Dependiendo del tipo de modalidad, pulsada o continua, de la frecuencia e intensidad, será el efecto deseado en el organismo. En general, cuando se utiliza ultrasonido continuo el efecto será térmico y dependiendo de la intensidad será el grado de calor entregado en los tejidos.

En la emisión pulsada la energía entregada está basada en la frecuencia de emisión. Esta onda consta de un tipo de pulso seguido de una pausa, la cual posibilita el enfriamiento en el tejido irradiado. Por lo tanto, a menor frecuencia (en el rango de baja frecuencia) y con un *duty cycle* que posea gran diferencia de tiempo entre el pulso y el reposo, se puede producir un efecto que no sea térmico, pero sí mecánico. Además, dependiendo de la frecuencia y tipo de tejido será la profundidad que alcance la onda mecánica.

El efecto terapéutico depende de la dosis: si es demasiado baja el tratamiento puede ser ineficaz y si es demasiado alta puede llegar a ser nocivo.

Al realizar tratamiento con frecuencia alta (3Mhz), la absorción es mayor y la penetración menor, por lo tanto, hay que administrar intensidades menores para no producir efectos negativos producto del aumento de temperatura al nivel de los tejidos. Por el contrario, en tratamientos con frecuencia baja (1Mhz), la absorción es menor y la penetración mayor. Por ejemplo con intensidades elevadas de 2 y 3 W/cm² y a baja frecuencia 1 Mhz se puede alcanzar articulaciones profundas y las pequeñas articulaciones paravertebrales.

3.2. ÁREA Y TIEMPO DE APLICACIÓN.

La zona de tratamiento debe ser lo suficientemente amplia para permitir movimientos del cabezal y a su vez no debe ser tan grande para que la zona tratada sea varias veces la del cabezal, debido a los desplazamientos de éste.

Existe una relación entre el área del cabezal, el área a tratar y el tiempo de la sesión; considerando la dosis total entregada, medida en joules/cm².

Esta dosis total se denomina Dosis real de tratamiento y para su efectiva aplicación se debe tener en cuenta los siguientes parámetros para que no se produzcan entregas de energía muy dispares entre tejidos.

1. Potencia aplicada por todo el cabezal.
2. Tiempo de la sesión.
3. Superficie de la zona tratada.
4. Cantidad de energía que deseamos sea recibida por los tejidos en cuestión.

Para poder calcular la dosis de tratamiento aplicando una emisión continua de la onda ultrasónica, que tendrá como objetivo el aumento local de temperatura durante un tiempo y sobre una superficie de una zona determinada. Se utiliza la siguiente fórmula exponiendo como parámetros de intensidad de 1 W/cm^2 , 5 cm^2 de ERA, 10 cm^2 de superficie de la zona tratada y un tiempo de funcionamiento de 60 segundos, resulta:

$$\bullet \text{ Dosis} = 1 \text{ W/cm}^2 \cdot 5 \text{ cm}^2 \cdot 60 \text{ seg. } 10 \text{ cm}^2.$$

Por lo tanto; la dosis que está recibiendo el paciente es de 30 J/cm^2 . Es decir dentro de una superficie de piel de 10 cm^2 el paciente está recibiendo una dosis de 30 J/cm^2 de energía, en un tiempo de 1 minuto. Esta dosis es establecida por diversos autores, debido a su vasta experiencia, el empirismo y los años de práctica como dosis media de tratamiento.

3.3. TRATAMIENTOS POR APLICACIONES DEL ULTRASONIDO.

Existen diferentes formas de aplicaciones del ultrasonido en la piel. El primero consiste en colocar una sustancia de acoplamiento entre el cabezal y la piel, permitiendo que la onda ultrasónica llegue a los tejidos, debido a que ésta última no viaja en el vacío.

Para producir el acoplamiento entre el cabezal y la piel, se pueden utilizar aceite mineral y gel conductor. Éste último se prefiere por sus características como: alta viscosidad, baja atenuación, poca tendencia a producir burbujas y olor neutro y agradable.

La segunda aplicación corresponde al tratamiento subacuático que corresponde al hundimiento del cabezal en una cubeta con agua, donde se encuentra la región a tratar como la mano o el pie. Esta forma de tratamiento tiene como principal medio de acoplamiento el agua desgasificada y se ocupa para la aplicación del ultrasonido en tejidos irregulares donde el cabezal no produce una aplicación más o menos uniforme.

Por último, se puede aplicar la técnica de tratamiento mixto que consiste en ubicar entre la piel y el cabezal un guante quirúrgico lleno de agua y gel entre el cabezal y el guante y entre éste y la piel. Este tipo de aplicación se utiliza en zonas huecas como la axila. También en úlceras por decúbito, se llenan de suero la zona y se cubren con una fina lámina de plástico flexible y una capa de gel para la aplicación del cabezal.

3.4. EFECTOS DE LA TERAPIA CON ULTRASONIDO.

Uno de los efectos de la terapia con ultrasonido se caracteriza, principalmente, por una leve elevación de la temperatura de los tejidos con el concomitante aumento del metabolismo, incremento de la circulación del tejido y modificación de las características del colágeno. El aumento de temperatura depende de la capacidad de absorción, circulación local y grado de disipación del calor en los tejidos.

El aumento de la circulación con terapia ultrasónica a intensidades menores de 1,5 w/cm² es de menor cuantía que la derivada de un ejercicio físico y, a intensidades mayores, podría superar la temperatura alcanzada por un ejercicio físico, pero son intolerables y peligrosas para el paciente.

En el tratamiento con ultrasonido, también se encuentran beneficios como el Incremento del metabolismo celular, el cual optimiza la cicatrización aumentando la síntesis proteica en los fibroblastos. La literatura especializada indica que los linfocitos polimorfonucleares liberan agentes quimiotácticos y éstos una vez dentro del tejido intersticial de la lesión, se diferencian en células fibroblásticas para la síntesis de colágeno y células endoteliales, generando una amplia red capilar bien vascularizada con el objeto de lograr una óptima reparación.

El aumento local de temperatura también trae consigo una modificación de las propiedades viscoelásticas del tejido conjuntivo, es decir se produce un incremento de la extensibilidad de los tejidos blandos como por ejemplo ligamentos y tendones. Esta temperatura puede elevarse in Vitro a los pocos segundos de la aplicación con ultrasonido aumentando alrededor de 6° C. en el campo cercano y 3° en el campo lejano Por el contrario estudios in vivo indican que programando una sesión de tratamiento a intensidad de 1 W/cm², con un cabezal de 5 cm² de ERA con emisión continua, la temperatura aumentaría en 0,16° Celsius.

Dentro de los efectos no térmicos se plantea que las ondas mecánicas producen compresiones y descompresiones sucesivas en puntos separados de los tejidos. Estas

acciones dan lugar a una formación de burbujas de expansión microscópicas de gas o vapor. Este mecanismo logra una especie de micromasaje celular, con modificaciones de la permeabilidad de membrana y mejora de los procesos de difusión de sustancias, como aumentar el ingreso de agua en coloides transformándolos de gel a sol.

En el proceso de descompresión, esas burbujas se expanden y en la compresión se reducen o desaparecen. Este proceso se denomina **cavitación estable**. A intensidades más elevadas la cavitación estable se convierte en inestable con expansión progresiva durante varios ciclos y, finalmente genera implosión y colapso de las burbujas. La implosión libera gran cantidad de energías calórica y gran producción de radicales libres pudiendo producir lesiones tisulares graves o irreversibles (Plaja,2003). Por tanto, trabaja a intensidades y frecuencias elevadas, mantener en constante movimiento el cabezal evitando una emisión estacionaria.

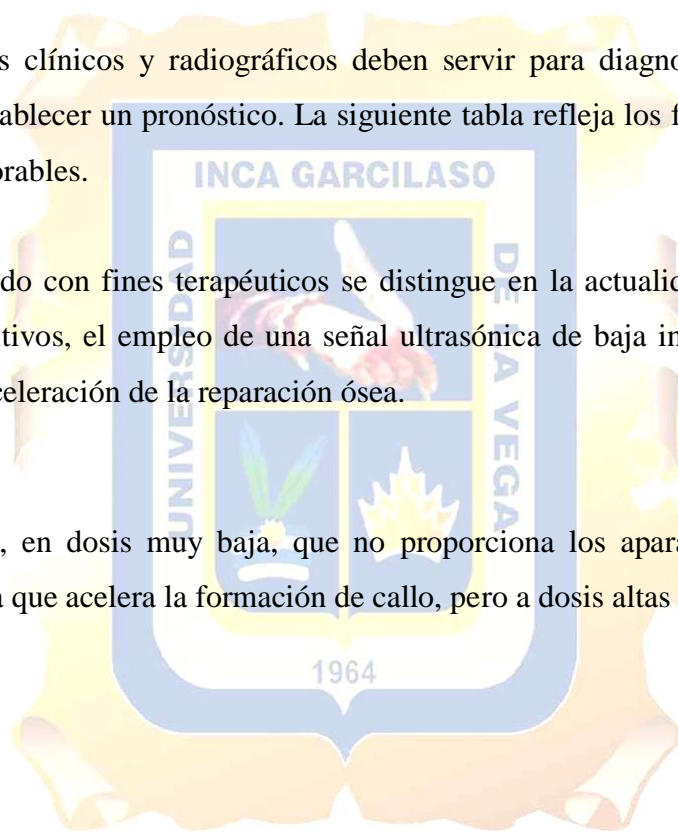
Además de la cavitación estable, se producen alrededor de las burbujas, microflujos acústicos o pequeños remolinos que alteran la permeabilidad de la membrana celular y producen degranulación de los mastocitos produciendo una aceleración de la reparación tisular. El ultrasonido a intensidades de 0.5 W/cm² pulsátil está siendo utilizado para acelerar la reparación de los tejidos blandos y el hueso.

El hecho de que una fractura se encuentre demorada en su curación, no necesariamente implica que finalmente degenere en una unión, pero indiscutiblemente constituye un factor de riesgo.

A ser tomado en cuenta. Los resultados obtenidos con la estimulación por ultrasonidos de las fracturas que se presentan en este trabajo sugieren que se logró finalmente una evolución favorable de éstas hacia su curación total, lo que puede inducir a pensar que esta terapia puede ser considerada además, como una estrategia de tratamiento una gran incidencia en los métodos terapéuticos empleados en el futuro de forma extendida con el objetivo de poder evitar las noniones o pseudoartrosis. Las fracturas tratadas.

CONCLUSIONES

1. Las fracturas que afectan al esqueleto en desarrollo difieren de forma significativa de las de los adultos más en la Localización M.M.S.S. 72% M.M.I.I. 28% y Metafisarias 45%.
2. Comenzarse con la inspección y palpación de la zona lesionada, seguido de una evaluación de la movilidad y del estado neuro-vascular.
3. Los datos clínicos y radiográficos deben servir para diagnosticar la lesión y poder establecer un pronóstico. La siguiente tabla refleja los factores favorables y desfavorables.
4. Ultrasonido con fines terapéuticos se distingue en la actualidad con resultados muy positivos, el empleo de una señal ultrasónica de baja intensidad, pulsada, para la aceleración de la reparación ósea.
5. Fracturas, en dosis muy baja, que no proporciona los aparatos corrientes, se considera que acelera la formación de callo, pero a dosis altas la interfiere.

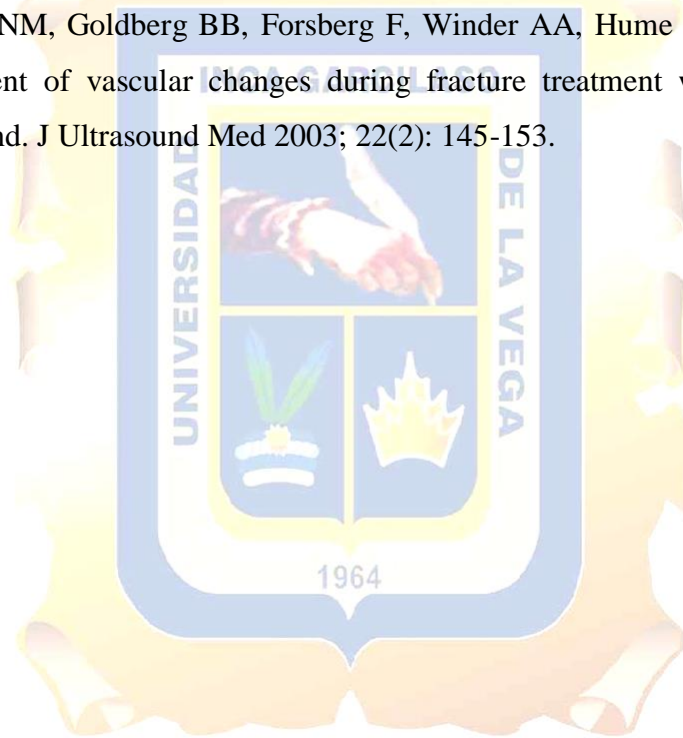


BIBLIOGRAFÍA

1. Giraldo, O. (2009). Generalidades de la fractura. Pag. 1-2. Caldas Colombia.
2. Gónzales, P. (2002). Apuntes de fracturas infantiles. Ergon: Ergon 2da ed. 169-176.
3. Harrison, L. (2009). Manual Práctico de Mosby. Barcelona - España: Décima Edición. Pag. 650 - 651; 111-112.
4. Clavel-Sáinz M. Meseguer Olmo L.R: García Novalvos. Estudio sobre la estructura del tejido óseo. Ciencias básicas aplicadas a la Cirugía Ortopédica. Curso básico Fundación SECOT.93-105.1999.
5. Iversenn L.D. Swiontkowski M.F. Manual de urgencias en ortopedia y traumatología. Masson 1997.
6. Escalera, J. (Marzo 2010). Formación en traumatología infantil IV Jornadas SOMACOT para adjuntos y residentes en cirugía ortopédica y traumatología de la comunidad. Madrid - España. : Aranjuez. Pag. 1-30.
7. Quiñonez, Ugassi, Campos, Donoso. (2010). Bases de la Pediatría Crítica. Quito - Ecuador. : V. edición. Pag. 626-628.
8. Martínez, I. (2008). Fracturas Cerradas. Bogotá: Federación panamericana de Asociaciones de Facultades de medicina de Bogotá.
9. Ruiz del Pino, M. (2008). Fracturas: conceptos generales y tratamiento. Málaga: Málaga.
10. López- Duran Stern. M. Patología Quirúrgica. Tomo I , capitulo ·3 .Luzan S.A.Ediciones.
11. Mc Rae Ronald. Tratamiento práctico de fracturas. Tomo I. Mc Graw-Hill. Interamericana-1998.
12. Ostrum R.F.,Chao E.Y .Lesión, regeneración y reparación óseas ,capitulo 7.Ciencias Basicas en ortopedia. Americam Academy of Orthopaedic Surgeons.
13. Plaja J., (2003). Analgesia por físicos. Editorial Mc Graw Hill. Interamericana.
14.) León Castro, Juan Carlos (2006). Fisioterapeutas del servicio gallego de salud temario específico volumen II, Editorial Mad, S.L., España.
15. Rodriguez Martín, José María, (2004). Electroterapia en fisioterapia 2da. Edición. Editorial medica panamericana. Cameron, Michelle H, (2009) Agentes físicos en rehabilitación, Elsevier España, 3era. Edición.

16. Brown BS. How safe is diagnostic ultrasonography? *Can Med Assoc J* 1984; 131(4): 307-311.
17. Bly NN, McKenzie A, Wong T, West J, Hunt TK. Incisional wound healing: a controlled study of low and high ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; 18(5): 619-628.
18. Paternostro-Sluga T, Zoch C. Conservative treatment and rehabilitation of the shoulder problems. *Radiologe* 2004 44(6): 597-603.
19. Young SR, Dayson M. The effect of therapeutic ultrasound on angiogenesis. *Ultrasound Med Biol* 1990; 16: 261- 269.
20. Bly NN, McKenzie A, Wong T, West J, Hunt TK. Incisional wound healing: A controlled study of low and high dose ultrasound. *J Orthop Sport Phys Ther* 1993; 18: 619-628.
21. Smith NH, Hynynen K. The feasibility of using focused ultrasound for transmymocardial revascularization. *Ultrasound in Med and Biol* 1998; 24(7): 1045-1054.
22. Marsh D. Concepts of fracture union, delayed union, and nonunion. *Clin Orthop* 1998; (355 Suppl): S22-30.
23. Parvizi J, Wu CC, Lewallen DG, Greenleaf JF, Bolander ME. Low-intensity ultrasound stimulates proteoglycan synthesis in rat chondrocytes by increasing aggrecan gene expression. *J Orthop Res* 1999; 17(4): 488-94. Heckman JD, Ryaby JP, McCabe J, Frey JJ, Kilcoyne RF.
24. Acceleration of tibial fracture-healing by non-invasive, low intensity pulsed ultrasound. *J Bone Joint Surg Am* 1994 76: 26-34.
25. Dyson M, Brookes M. Stimulation of bone repair by ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1983; Suppl 2: 61-66.
26. Duarte LR. The Stimulation of Bone Growth by Ultrasound. *Arch Orthop Trauma Surg* 1983; 101: 153-159.
27. Klug W, Franke WG, Knoch HG. Scintigraphic control of bone-fracture healing under ultrasonic stimulation: an animal experimental study. *Eur J Nucl Med* 1986; 11(12) 494-497.
28. Kristiansen TK, Ryaby JP, McCabe J, Frey JJ, Roe LR. Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific, low-intensity ultrasound. A multicenter, prospective, randomized, double-blind, placebocontrolled study. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79: 961- 973.

29. Wang SJ, Lewallen DG, Bolander ME, Chao EYS, Ilstrup DM, Greenleaf JF. Low intensity ultrasound treatment increases strength in a rat femoral fracture model. *J Orthop Res* 1994; 12(1): 40-47.
30. Parvizi J, Parpura V, Greenleaf JF, Bolander ME. Calcium signaling is required for ultrasound-stimulated aggrecan synthesis by rat chondrocytes. *J Orthop Res* 2002; 20(1): 51-57.
31. Ito M, Azuma Y, Ohta T, Komoriya K. Effects of ultrasound and 1.25-dihydroxyvitamin D₃ on growth factor secretion in co-cultures of osteoblasts and endothelial cells. *Ultrasound Med Biol* 2000; 26(1): 161-166.
32. Young SR, Dayson M. The effect of therapeutic ultrasound on angiogenesis. *Ultrasound Med Biol* 1990; 16(3): 261-269.
33. Rawool NM, Goldberg BB, Forsberg F, Winder AA, Hume E. Power Doppler assessment of vascular changes during fracture treatment with low-intensity ultrasound. *J Ultrasound Med* 2003; 22(2): 145-153.





GRÁFICO

PRONOSTICO

	<i>Favorable</i>	<i>Desfavorable</i>
Edad	Menor 15 años	Mayor 15 años
Estado general	Bueno	Malo
Energía	Baja (doméstico)	Alta (tráfico)
Mecanismo	Indirecto	Directo
Desplazamiento	No ó mínimo	sí
Estabilidad	Sí	No
Conminución	No	Sí



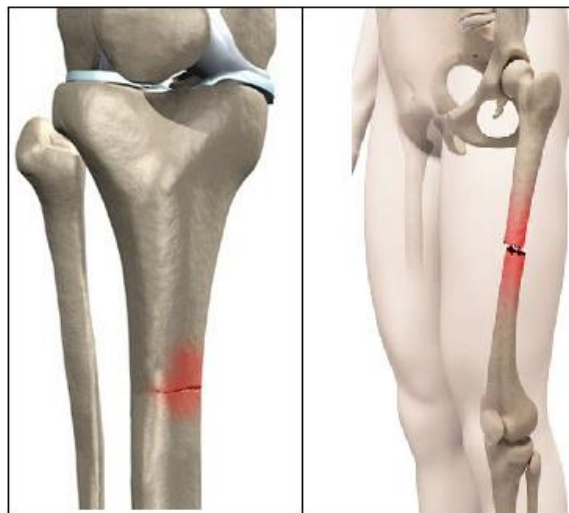
ANATOMÍA

GRÁFICO N° 1



Fracturas por Fatiga o Estrés

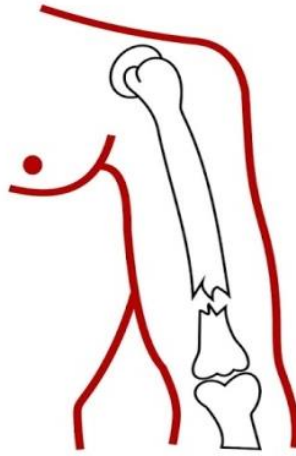
La fractura es el resultado de sollicitaciones mecánicas repetidas.



Patológicas

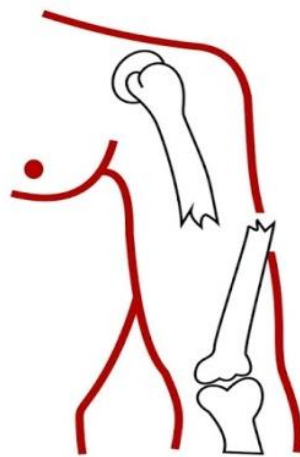
En estas fracturas el factor fundamental es la debilidad ósea. Pueden deberse a procesos generales que cursen con osteopenia u osteosclerosis bien sean enfermedades óseas fragilizantes constitucionales ó metabólicas.

GRÁFICO N° 2



Las Fracturas Cerradas:

En su mayoría se producen por accidentes de tránsito, atropellos, motociclistas, pacientes proyectados fuera del vehículo y accidentes de trabajo como caídas de altura, aplastamiento por derrumbe o maquinaria pesada.



Fracturas Abiertas:

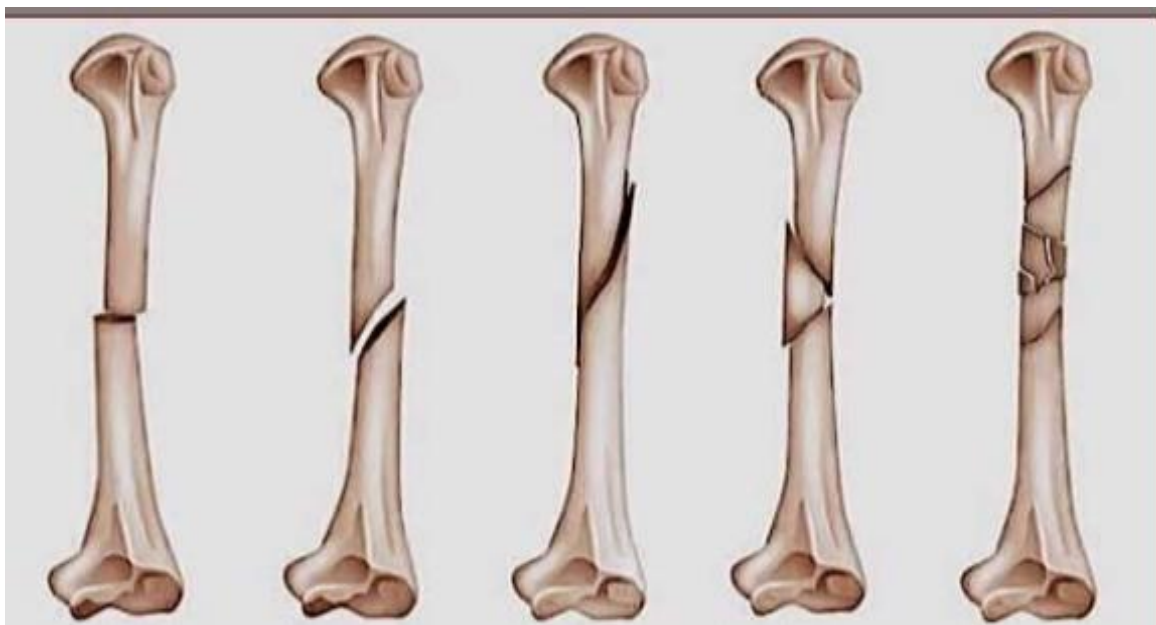
Se clasifican de acuerdo a la longitud de la herida de la piel y al grado de contaminación observado en la evaluación inicial.

Gráfico N° 3



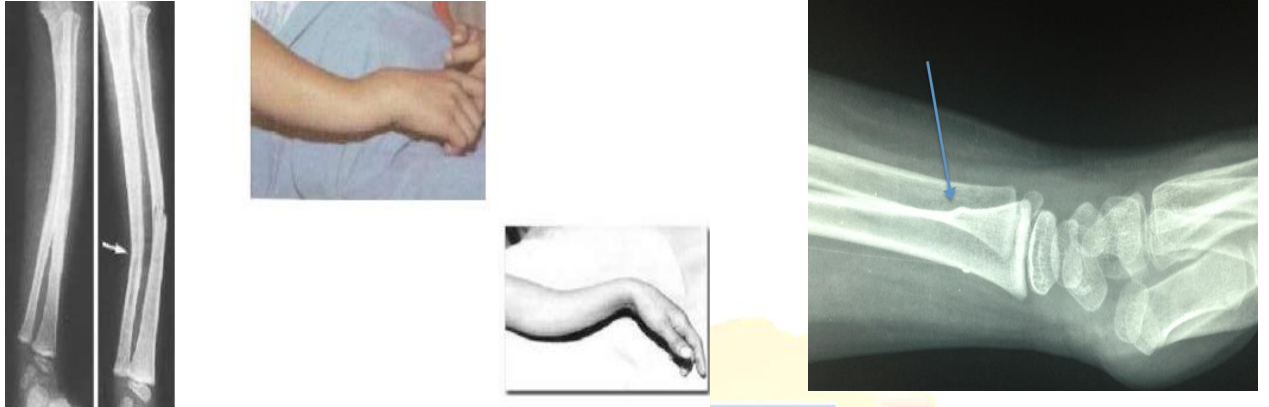
- a) **La Diáfisis** es la parte más externa del hueso, que corresponde a su zona media.
- b) **La Epífisis** son los dos extremos, más gruesos, en los que se encuentran las superficies articulares del hueso; en ellas se insertan gran cantidad de ligamentos y tendones, que refuerzan la articulación.
- c) **Las Metáfisis** son unas pequeñas zonas rectangulares comprendidas entre las epífisis y la diáfisis, sobre ella se encuentra el cartílago de crecimiento de los niños.

GRÁFICO N° 4



- a. **Transversales:** la línea de fractura es perpendicular al eje longitudinal del hueso.
- b. **Oblicuas:** la línea de fractura forma un ángulo mayor o menor de 90 grados con el eje longitudinal del hueso.
- c. **Longitudinales:** la línea de fractura sigue el eje longitudinal del hueso
- d. **En ala de mariposa:** existen dos líneas de fractura oblicuas, que forman ángulo entre si y delimitan un fragmento de forma triangular.
- e. **Conminutas:** hay múltiples líneas de fracturas con formación de numerosos fragmentos.

GRÁFICO N° 5



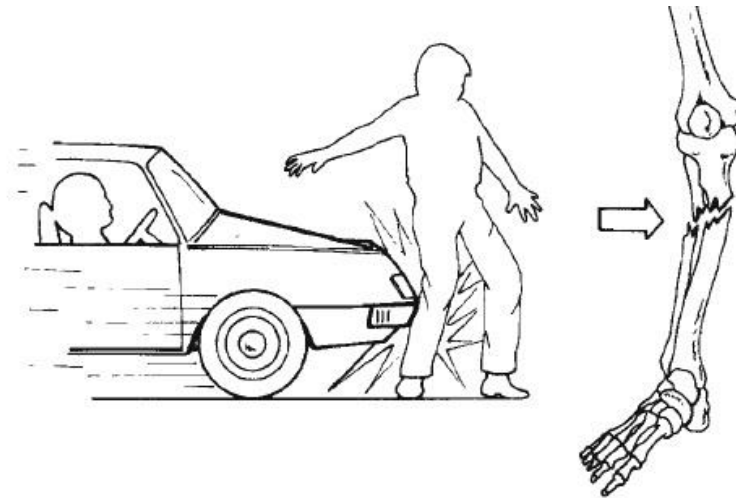
a) Incurvación Diafisarias

No se evidencia ninguna fractura lineal, ya que se ha producido es un aplastamiento de las pequeñas trabéculas óseas que conforman el hueso, dando como resultado una incurvación de la diáfisis del mismo.

b) En Tallo Verde:

El hueso está incurvado y en su parte convexa se observa una línea de fractura que no llega a afectar todo rodete del hueso.

GRÁFICO N° 6

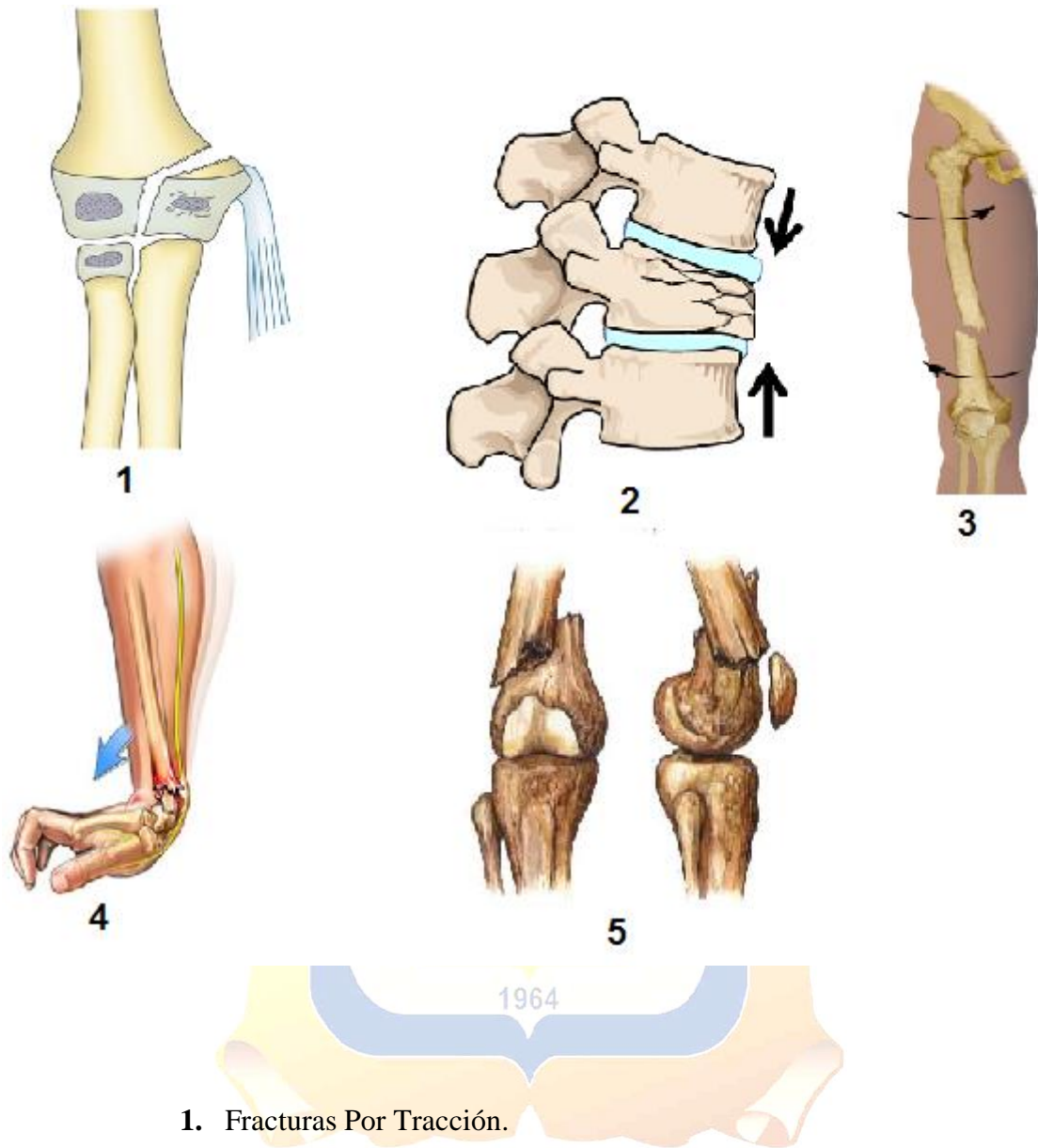


TRAUMATISMO DIRECTO:

La fractura se produce en el punto sobre el cual ha actuado el agente traumático. Por ejemplo: fractura decúbito por un golpe fuerte en el brazo.

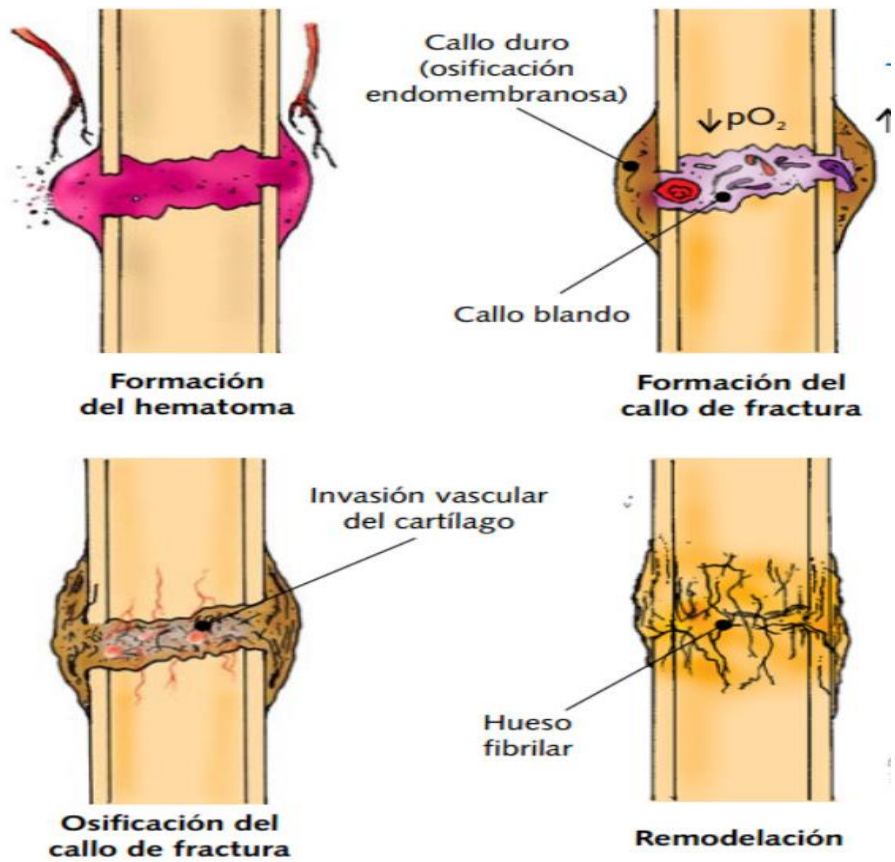


GRÁFICO Nº 7



1. Fracturas Por Tracción.
2. Fracturas Por Compresión.
3. Fractura Por Torsión.
4. Fracturas Por Flexión.
5. Fractura Por Cizallamiento.

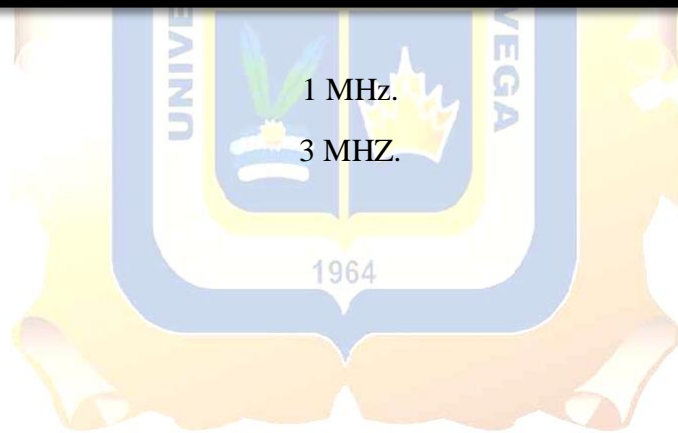
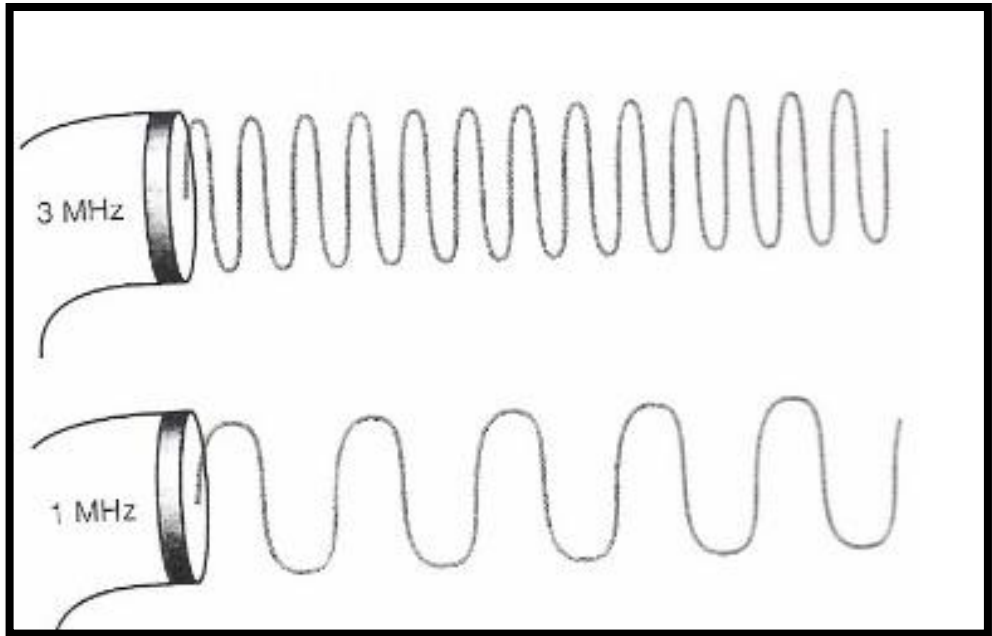
GRAFICO N° 8



- a) Fase de Impacto.
- b) Fase de Inflamación.
- c) Fase De Formación de Callo Blando.
- d) Fase de Formación de Callo Duro.
- e) Fase de Remodelación.

ULTRASONIDO

GRAFICO N.º 1



1 MHz.

3 MHz.

1964

GRAFICO N. ° 2

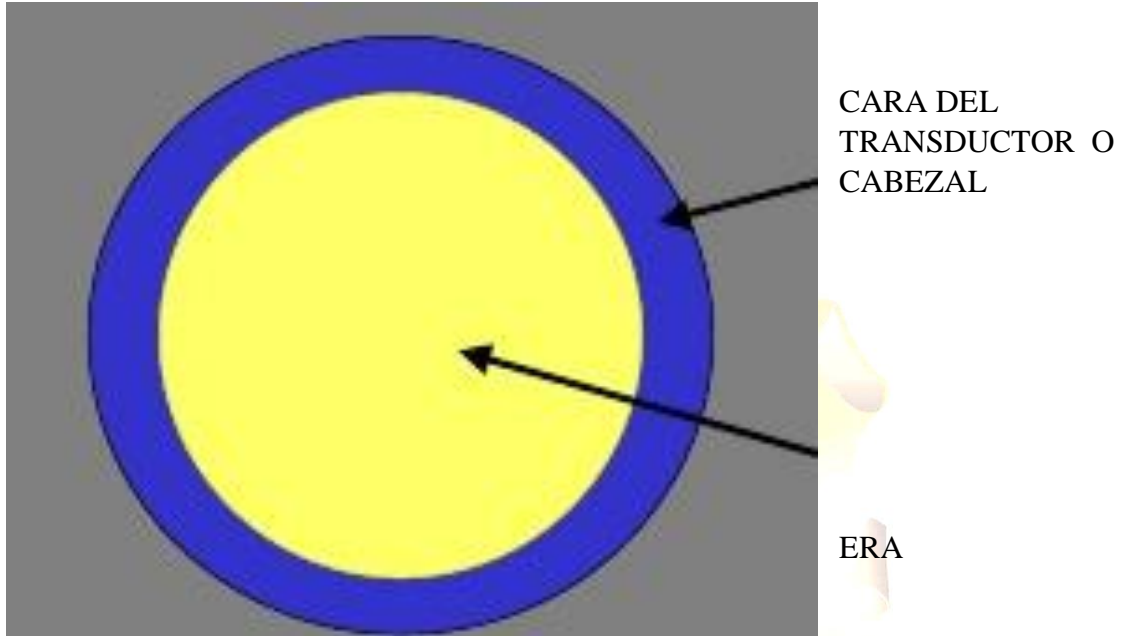
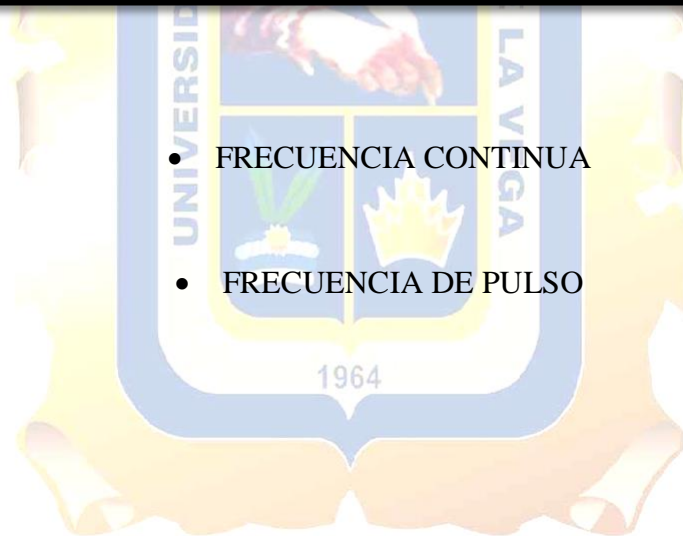
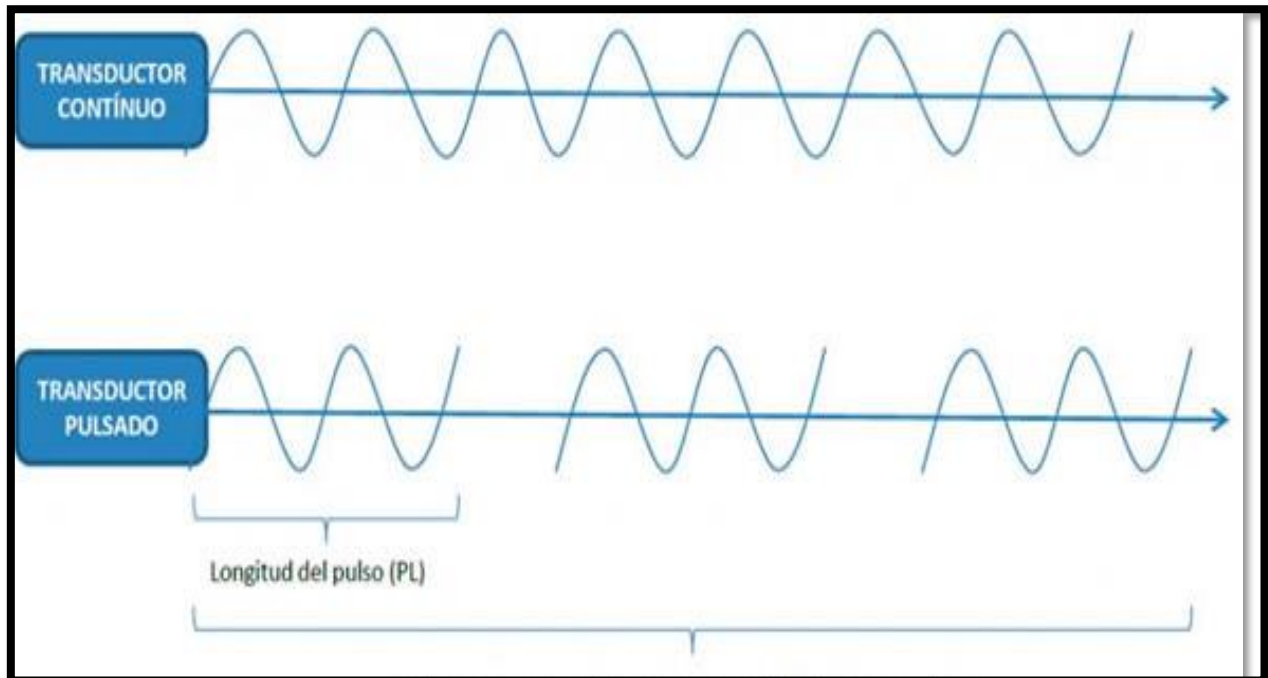


GRÁFICO N° 3



- FRECUENCIA CONTINUA
- FRECUENCIA DE PULSO