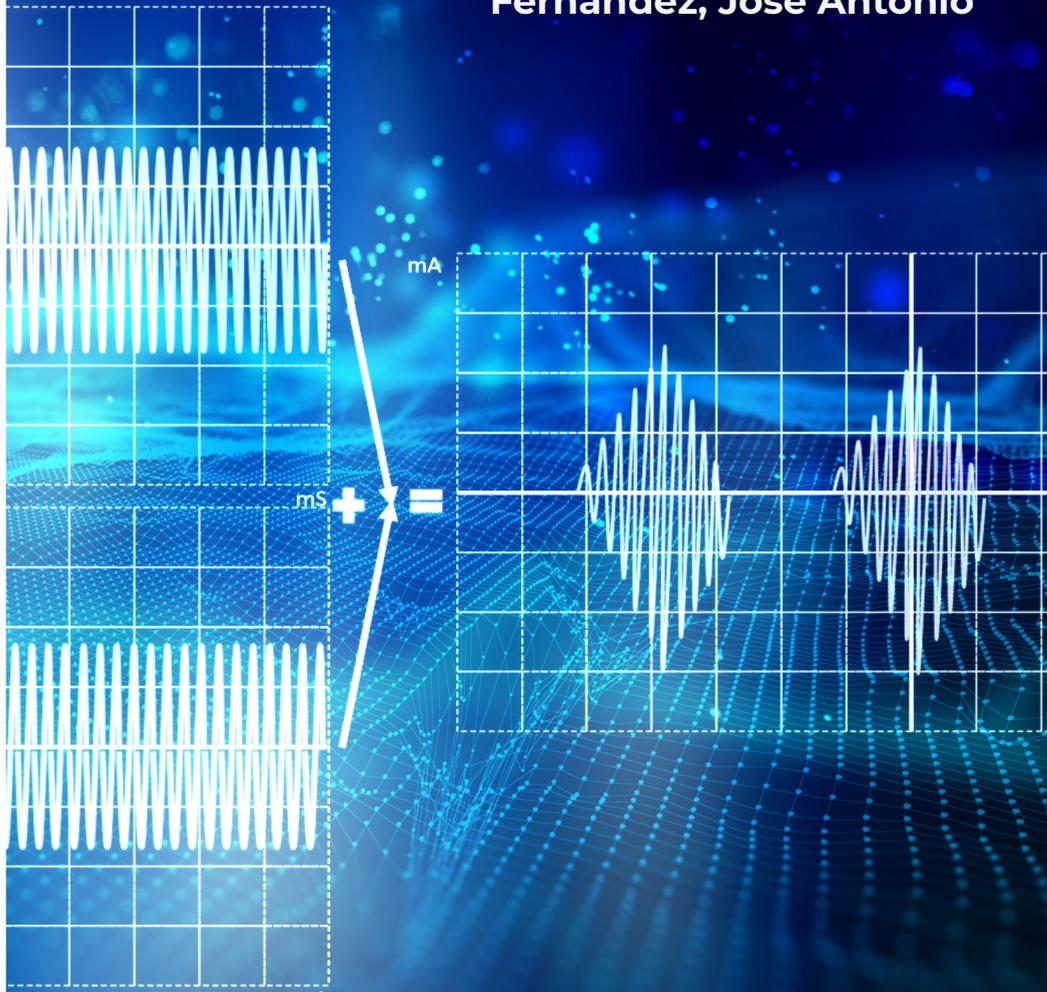


ISBN 978-950-31-0095-0

SOBRE LOS AGENTES FÍSICOS EN LA REHABILITACIÓN

Fernández, José Antonio



UNIVERSIDAD CATOLICA
DE SANTIAGO DEL ESTERO
REPÚBLICA ARGENTINA

EDITA Y PUBLICA
EDICIONES UCSE

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DEL ESTERO
República Argentina

SOBRE LOS AGENTES FÍSICOS
EN LA REHABILITACIÓN

ISBN 978-950-31-0095-0
290 PÁGINAS
EDICIONES UCSE 2023



Fernández, José Antonio

Sobre los agentes físicos en la rehabilitación / José Antonio Fernández - 1a. edición para el alumno - Santiago del Estero: Universidad Católica de Santiago del Estero - UCSE, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-31-0095-0

1. Kinesiología. I. Título

CDD 615.82

Registro de obra publicada y deposito legal en la DNDA conf. Lye 11723 en trámite. Este libro fue publicado por Ediciones UCSE dependiente del Vice Rectorado Académico UCSE. Sello: Universidad Católica de Santiago del Estero. Campus Santiago, Av. Alsina y Dalmacio Vélez Sarsfield (CP 4200). Ediciones UCSE Campus Rafaela, Bv. Hipólito Yrigoyen 1502 Rafaela (CP. 2300). Depto Castellanos - Pcia. Santa Fe - República Argentina.

Tel. (+54 3492) 432832 - Correo electrónico: eucse@ucse.edu.ar

Sumario

1	INTRODUCCIÓN	2
2	FISIOTERAPIA	3
2.1	Fisioterapia	3
2.2	Agentes térmicos	4
2.3	Agentes mecánicos	5
2.4	Agentes electromagnéticos	5
2.5	Efectos biológicos generales	6
2.6	Contraindicaciones de los agentes físicos	8
2.7	Elección del agente físico	9
2.8	Bibliografía	9
3	ACCIÓN DE LOS AGENTES FÍSICOS EN LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS	10
3.1	Acción de los agentes físicos en los procesos fisiológicos	10
3.2	Inflamación y reparación de tejidos	10
3.3	Cuadro resumen de las fases de inflamación	18
3.4	El dolor	20
3.5	Teoría de control de la compuerta	23
3.6	Tratamiento del dolor	26
3.7	Tono muscular	27
3.8	Escala de Ashworth modificada de Bohanson y Smith	28
3.9	Estimulación nerviosa del músculo	29
3.10	Restricción de la movilidad	30
3.11	Examen y evaluación	31
3.12	Bibliografía	32
4	CLIMATOTERAPIA, HELIOTERAPIA Y TALASOTERAPIA	33
4.1	Climatoterapia	33
4.2	Efectos biológicos según los climas	34
4.3	Helioterapia	39
4.4	Efectos de las radiaciones solares	40
4.5	Espectro electromagnético de la luz solar	41
4.6	Talasoterapia	42
4.7	Técnicas de tratamiento	44
4.8	Protección de la salud a partir del cuidado del ambiente	47
4.9	Contaminación hídrica	47

4.10	Contaminación del aire	48
4.11	Capa de ozono	50
4.12	Efecto invernadero	50
4.13	Contaminación acústica	51
4.14	Bibliografía	53
5	HIDROTERAPIA, BALNEOTERAPIA Y TERMALISMO	54
5.1	Hidroterapia	54
5.2	Bases físicas de la hidroterapia	54
5.3	Factores hidrostáticos	55
5.4	Factores hidrodinámicos	56
5.5	Factores hidrocinéticos	57
5.6	Principios térmicos	57
5.7	Efectos fisiológicos	58
5.8	Bañeras y piscinas	59
5.9	Técnicas de aplicación de la hidroterapia	60
5.10	Balneoterapia	62
5.11	Termalismo	62
5.12	Clasificación Aguas termales	63
5.13	¿Qué dicen los artículos científicos?	65
5.14	Bibliografía	66
6	TERMOTERAPIA. CRIOTERAPIA. BAÑOS DE CONTRASTE	68
6.1	Terapia con agentes térmicos	68
6.2	Termoterapia	69
6.3	Mecanismos de transferencia del calor	70
6.4	Efectos fisiológicos del aumento de la temperatura	73
6.5	Acción terapéutica	74
6.6	Contraindicaciones	75
6.7	Crioterapia	76
6.8	Efectos fisiológicos	76
6.9	Modos de aplicación	78
6.10	Indicaciones y Contraindicaciones	79
6.11	Baños de contraste	80
6.12	Técnica de aplicación	80
6.13	Crioterapia vs. Termoterapia	81
6.14	Bibliografía	81

7	FOTOTERAPIA, RADIACIONES INFRARROJAS Y ULTRA-VIOLETAS	83
7.1	Fototerapia	83
7.2	Leyes físicas de las radiaciones	85
7.2.1	Ley de la inversa al cuadrado	85
7.2.2	Ley de Lambert-Beer de absorción	85
7.2.3	Ley de Lambert o del Coseno	86
7.2.4	Ley de Grotthus-Draper	87
7.2.5	Ley de Brunsen Roscoe	87
7.3	Radiaciones infrarrojas	88
7.3.1	Efectos fisiológicos	89
7.3.2	Técnicas de irradiación	89
7.3.3	Indicaciones, contraindicaciones y precauciones	90
7.4	Radiaciones ultravioletas	92
7.4.1	Efectos fisiológicos	94
7.4.2	Dosis eritema mínima (D.E.M)	94
7.4.3	Indicaciones, contraindicaciones y precauciones	96
7.5	¿Qué dicen los artículos científicos?	96
7.6	Bibliografía	97
8	GENERALIDADES EN ELECTROTERAPIA. CORRIENTES FARÁDICAS	98
8.1	Electroterapia	98
8.2	Conceptos básicos	98
8.3	Clasificación de las corrientes	103
8.4	Generalidades en el acoplamiento aparato-paciente	108
8.5	Corrientes Farádicas	110
8.6	Faradización	111
8.7	Indicaciones	114
8.8	Corrientes pulsantes	114
8.9	Electrodiagnóstico	115
8.10	CURVA I/T (intensidad/tiempo)	116
8.11	¿Qué dicen los artículos científicos?	118
8.12	Bibliografía	119
9	CORRIENTES GALVANICAS	120
9.1	Corriente galvánica	120
9.2	Electroforesis	121

9.3	Electrólisis	122
9.4	Efectos físico-químicos de la corriente galvánica	122
9.5	Efectos polares	123
9.6	Efectos fisiológicos	123
9.7	Aplicaciones del galvanismo	124
9.8	Contraindicaciones y Precauciones	125
9.9	Iontoforesis	125
9.10	Efectos fisiológicos	127
9.11	Técnicas de aplicación	127
9.12	Dosis del medicamento	129
9.13	Indicaciones y Contraindicaciones	130
9.14	Lista de medicamentos más utilizado en iontoforesis	130
9.15	¿Qué dicen los artículos científicos?	132
9.16	Bibliografía	133

**10 CORRIENTES VARIABLES. ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA
TRANSCUTANEA** **134**

10.1	Corrientes variables	134
10.2	Clasificación de corrientes variables	135
10.3	Corrientes terapéuticas	140
10.4	Corrientes de baja frecuencia	141
10.5	Corrientes de media frecuencia	143
10.6	Precauciones y contraindicaciones	144
10.7	Consejos para tener en cuenta	145
10.8	Estimulación eléctrica transcutánea – T.E.N.S.	146
10.9	Teoría de la compuerta para el alivio o bloqueo del dolor	148
10.10	Efectos biológicos del T.E.N.S.	148
10.11	Técnicas de aplicación	149
10.12	Modalidades de T.E.N.S.	151
10.13	Precauciones, indicaciones y contraindicaciones	152
10.14	Bibliografía	153

**11 CORRIENTES RECTANGULARES, EXPONENCIALES Y
MODULADAS** **154**

11.1	Corrientes Rectangulares	154
11.2	Corrientes de Leduc	154
11.3	Corrientes de Träbert	155
11.4	Técnica de tratamiento	157

11.5	Indicaciones	157
11.6	Corrientes Exponenciales	158
11.7	Corrientes de Lapique	158
11.8	Corrientes exponencial	159
11.9	Pautas para el tratamiento con corrientes exponenciales	160
11.10	Corrientes Moduladas	160
11.11	Corrientes aperiódica de Adams	161
11.12	Corrientes diadinámicas	161
11.13	Efectos terapéuticos	164
11.14	Técnicas de aplicación de los electrodos	166
11.15	Indicaciones y Contraindicaciones	167
11.16	¿Qué dicen los artículos científicos?	168
11.17	Bibliografía	169
12	FISIOTERAPIA INVASIVA	170
12.1	Fisioterapia invasiva	170
12.2	Medidas de seguridad	171
12.3	Criterios para la aplicación de las diferentes técnicas invasivas	174
12.4	Electrólisis percutánea con corrientes micro galvánicas	175
12.5	Efectos fisiológicos	177
12.6	Técnica de aplicación	177
12.7	Electrólisis percutánea intratisular con corrientes galvánicas	179
12.8	Neuromodulación percutánea	180
12.9	Punción seca (dry needling)	181
12.10	Indicaciones, contraindicaciones y posibles complicaciones	182
12.11	¿Qué dicen los artículos científicos?	184
12.12	Bibliografía	185
13	CORRIENTES DE MEDIA FRECUENCIA. INTERFERENCIALES Y DE KOTZ	187
13.1	Corrientes Interferenciales	187
13.2	Inhibición de Wedenski	189
13.3	Modulación en las corrientes interferenciales	189
13.4	Técnicas de aplicación	192
13.5	Tipos de estimulación	194
13.6	Efectos fisiológicos de las corrientes interferenciales	196
13.7	Precauciones, indicaciones y contraindicaciones	197
13.8	Corrientes Rusas o de Kotz	198

13.9	La contracción muscular	198
13.10	Técnicas de aplicación	199
13.11	Precauciones y Indicaciones	200
13.12	¿Qué dicen los artículos científicos?	201
13.13	Bibliografía	205
14	CORRIENTES DE ALTA FRECUENCIA	207
14.1	Corrientes de alta frecuencia	207
14.2	Mecanismos de acción de las corrientes de alta frecuencia	209
14.3	Acción sobre las moléculas en el organismo	210
14.4	Dosificación de las corrientes de alta frecuencia	211
14.5	Efectos fisiológicos de las corrientes de alta frecuencia	212
14.6	Onda Corta	213
14.7	Propiedades físicas	213
14.8	Conductividad de los tejidos	214
14.9	Método de aplicación	214
14.10	Técnicas de aplicación del método capacitivo	215
14.11	Técnicas de aplicación del método inductivo	217
14.12	Onda Corta Pulsátil	218
14.13	Corriente Radar o Microondas	220
14.14	Técnica de aplicación	221
14.15	Indicaciones, contraindicaciones y precauciones	221
14.16	Tecar	222
14.17	Mecanismo de acción	223
14.18	Técnica de aplicación	224
14.19	Efectos fisiológicos	225
14.20	Indicaciones	225
14.21	¿Qué dicen los artículos científicos?	225
14.22	Bibliografía	226
15	ULTRASONIDOS	228
15.1	Parámetros en las ondas ultrasónicas	229
15.2	Mecanismo de producción	230
15.3	Conceptos a tener en cuenta sobre la terapia de ultrasonidos	231
15.4	Atenuación (pérdida de intensidad)	233
15.5	Efecto de cavitación, pseudocavitación y ultracavitación	235
15.6	Equipos de ultrasonidos	236
15.7	Haz de propagación	237

15.8	Efectos fisiológicos	238
15.9	Efectos térmicos	238
15.10	Efectos mecánicos	239
15.11	Efectos químicos (derivado de los efectos mecánicos y térmicos) . .	240
15.12	Efectos biológicos	241
15.13	Técnicas de aplicación	241
15.14	Sonoforesis o fonoforesis	243
15.15	Dosificación	244
15.16	Indicaciones y Contraindicaciones	246
15.17	Ultrasonografía o Ecografía	248
15.18	¿Qué dicen los artículos científicos?	251
15.19	Bibliografía	253
16	ONDAS DE CHOQUE	255
16.1	Tipos de Ondas de Choque	256
16.2	Mecanismo de producción	258
16.3	Efectos biológicos y mecánicos	259
16.4	Teoría sobre el Efecto analgésico	260
16.5	Técnicas de aplicación	262
16.6	Precauciones e Indicaciones	263
16.7	Efectos secundarios, complicaciones y contraindicaciones	264
16.8	¿Qué dicen los artículos científicos?	265
16.9	Bibliografía	266
17	LASER	267
17.1	Laserterapia	267
17.2	Teoría fotónica de Einstein	267
17.3	Tipos de laser utilizado en fisioterapia	268
17.4	Propiedades del laser	269
17.5	Laser de Helio-Neón	270
17.6	Laser de Arseniurio de Galio	271
17.7	Efectos fisiológicos	271
17.8	Modo de aplicación	272
17.9	Laser De Alta Potencia	273
17.10	Indicaciones, contraindicaciones y precauciones	274
17.11	¿Qué dicen los artículos científicos?	275
17.12	Bibliografía	275
18	MAGNETOTERAPIA	277

18.1	Historia	278
18.2	Biofísica	279
18.3	Intensidad del campo magnético	281
18.4	Características generales de los equipos generadores de campos electromagnéticos con fines terapéuticos	282
18.5	Efectos biológicos	283
18.6	Efecto piezoeléctrico en tejido óseo	284
18.7	Efecto Hall	285
18.8	Técnicas de aplicación	286
18.9	Indicaciones y contraindicaciones	287
18.10	¿Qué dicen los artículos científicos?	288
18.11	Bibliografía	290

José Antonio Fernández

Licenciado en kinesiología y fisioterapia (Universidad Nacional de Córdoba).

Docente en la Universidad Católica de Santiago del Estero desde el año 2016. Se desempeña como director de la carrera de Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría en la facultad de Ciencias de la Salud de UCSE - Sede Santiago del Estero desde el año 2021.

Docente de la Diplomatura en Electromedicina Aplicada a la Rehabilitación. Actualmente ejerce la profesión en centro de rehabilitación privado con orientación en la práctica de la fisioterapia invasiva ecoguiada.

Agradecimientos

A Valeria mi esposa por ser ese combustible que necesito para concretar mis proyectos y a mi hija Miranda que me inspira a cumplir lo que deseo; sin ese apoyo de mi familia todo sería más difícil, o simplemente no sería.

A mi padre por legarme sus valores, que sin duda me hacen ser quien soy y a mi madre de quién heredé esa satisfacción de enseñar y escribir.

A todos mis alumnos, aquellos que hoy son colegas y los que se encuentran a punto de serlo.

1. INTRODUCCIÓN

Los agentes físicos son todos aquellos elementos físicos con los que cuenta el profesional del área de rehabilitación y que logra, de alguna manera, intervenir en los procesos fisiológicos del cuerpo humano. Estos pueden ser: con fines de curación o reparación, prevención y/o adaptación, con el único fin de mantener un adecuado nivel de salud.

Existen muchos libros sobre agentes físicos, pero en este caso tiene el objetivo de llegar de una manera un poco más simple, pero no menos interesante, sobre los efectos que generan en el cuerpo humano, y como puede éste colaborar en el bienestar de los pacientes y en todas esas personas que deseen actuar de forma preventiva sobre su salud.

A través de este libro, se podrá entender desde cómo es la fisiología normal de los diferentes tejidos del cuerpo humano, cómo reaccionan cuando se encuentran alterados los procesos normales y cómo se pueden llegar a evaluar los mismos. Es allí donde comienza el detalle de los agentes físicos; como se generan, cuales son los diferentes componentes que hacen que éstos puedan interactuar con el organismo para lograr cumplir con los tratamientos diseñados.

En las siguientes páginas no se encontrarán con recetas para aplicar directamente en cada caso que se presente, sino que hará que se planteen sus propios objetivos de tratamiento conociendo los elementos que pueden resultar útiles en cada circunstancia. El saber qué es un agente físico, cuántas variedades podemos encontrar del mismo, cómo se genera y cómo puede llegar a influir en el organismo, acelerando, retrasando o anulando la fisiología. Este es el fin principal que persigue el libro.

Hoy en día, nuestra profesión está avanzando en el plano de la investigación, es por esto que al final de algunos capítulos podrán encontrar comentarios sobre algunas publicaciones. La intención es la de proveer algunas actualizaciones en materia de estudios realizados, con resultados esperados o no, ya que en materia de investigación todo es información necesaria.

Sin más preámbulos los invito a conocer a los agentes físicos.

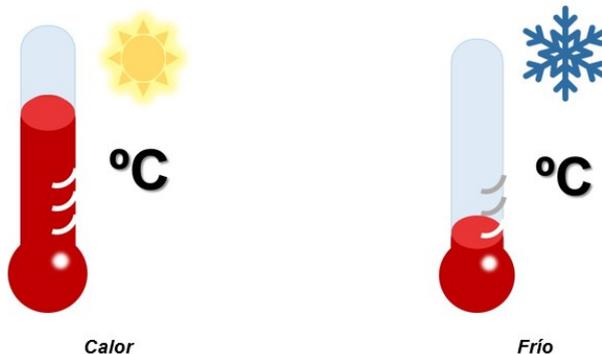
2. FISIOTERAPIA

2.1. Fisioterapia

La fisioterapia fue definida en 1.958 por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) como “El arte y la ciencia del tratamiento por medio del ejercicio terapéutico, calor, frío, luz, agua, masaje y electricidad. Además, la fisioterapia incluye la ejecución de pruebas eléctricas y manuales para determinar el valor de la afectación y fuerza muscular, pruebas para determinar las capacidades funcionales, la amplitud del movimiento articular y medidas de la capacidad vital, así como ayudas diagnósticas para el control de la evolución”.

Por su parte la Confederación Mundial de Fisioterapia (World Confederation for Physical Therapy - W.C.P.T.), en el año 2019, la redefinió de la siguiente manera: “La fisioterapia es un servicio que prestan los fisioterapeutas a las personas y poblaciones para desarrollar, mantener y restablecer el máximo movimiento y capacidad funcional a lo largo de la vida. El servicio se presta en circunstancias en que el movimiento y la función se ven afectados por el envejecimiento, las lesiones, el dolor, las enfermedades, los trastornos, las afecciones y/o los factores ambientales, entendiendo que el movimiento funcional es fundamental para lo que significa estar sano.”.

Los agentes físicos que encontramos en fisioterapia son energía y materiales que al ser aplicados a los pacientes complementan su rehabilitación, como por ejemplo el calor, el frío, el agua, la electricidad, etc. Éstos se clasifican en tres grupos: Térmicos, mecánicos y electromagnéticos.





Agua



Electricidad

2.2. Agentes térmicos

Son capaces de transferir energía al paciente con el objetivo de producir un aumento o un descenso de la temperatura. Según el agente térmico que se utilice y de la región corporal sobre la cual se aplique, se puede obtener cambios térmicos a nivel superficial o profundo y puede tener mayor incidencia sobre un tejido más que otro; por ejemplo en el caso de la onda corta, al ser aplicado, logra aumentar la temperatura en tejidos profundos.

Generalmente, nos referimos a la utilización del calor como termoterapia, y da como resultado el aumento del flujo sanguíneo y de la tasa metabólica, entre otros. La crioterapia a través del descenso de la temperatura logra la disminución del dolor, del flujo sanguíneo y de la tasa metabólica.



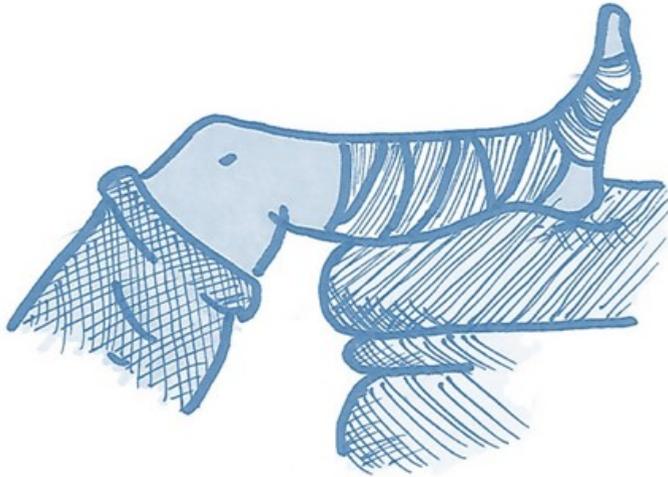
Bolsa de agua caliente



Hielo

2.3. Agentes mecánicos

Se trata de la aplicación de fuerza para aumentar o disminuir la presión sobre el cuerpo o región corporal del paciente con el objetivo de aliviar la presión sobre estructuras como nervios o articulaciones que producen dolor, alteraciones sensitivas o inflamación. Tales efectos pueden ser temporales o permanentes. *Ejemplos: la técnica de la tracción lumbar, para disminuir la presión de un disco intervertebral herniado sobre una raíz nerviosa; la compresión, que se utiliza para contrarrestar la presencia de un exceso de líquido, como un edema. En este caso, puede estar o no acompañada de otro agente como la crioterapia.*



Vendaje compresivo actuando como un agente mecánico en caso de edema en miembro inferior.

2.4. Agentes electromagnéticos

Se aplica la energía en forma de radiación electromagnética o corriente eléctrica. La variación de la frecuencia y la intensidad de la radiación electromagnética provocan cambios en los efectos causados y en el grado de penetración.

Por ejemplo, como sucede en músculos hipotónicos sin denervación, en los que la corriente eléctrica es aplicada para lograr una contracción inducida.



En este ejemplo se observa la aplicación de corriente, por medio de electrodos, en la articulación de la rodilla.

2.5. Efectos biológicos generales

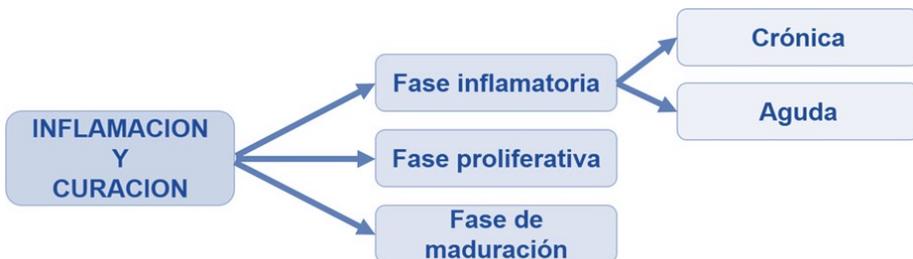
En los organismos de los pacientes se producen cambios biológicos en respuesta a la acción de los agentes físicos; que son aprovechados en beneficio de la recuperación.

Por eso, es necesario plantear claramente los objetivos del tratamiento, ya que estos agentes pueden ser de gran ayuda, o perjudicar si no se conocen sus propiedades.

En general, los efectos que pueden producir son:

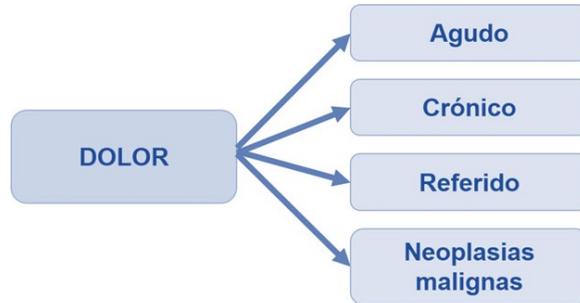
Modificación en el proceso de curación del tejido

Imita, acelera o frena el proceso inflamatorio y de curación con su fase inflamatoria (aguda o crónica), fase proliferativa y fase de maduración.



Alivio del dolor

Se puede tratar el dolor en sus diferentes tipos: agudo, crónico, referido, por neoplasias malignas o síndrome del dolor regional complejo.



Extensibilidad del colágeno y restricciones de la movilidad

El colágeno es la principal proteína de soporte de la piel, tendones, cartílagos y tejido conjuntivo.

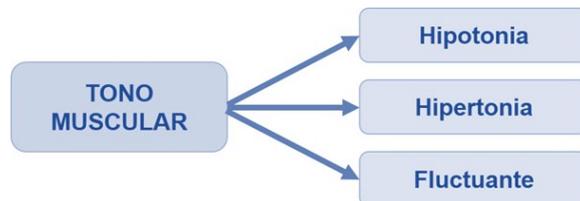
Los tejidos que contienen colágeno pueden acortarse como resultado de su inmovilización o de su movilización limitada. Por ejemplo, en la reconstrucción del tendón de Aquiles, en el que se requiere una inmovilización del tobillo en 45° de extensión por el término de 30 días aproximadamente, para luego ser inmovilizado por otros 30 días a 90°.

Dentro de las limitaciones del movimiento, podemos encontrar origen en un trastorno interno, por dolor, debilidad, mala postura o un dispositivo externo, por ejemplo, un yeso o una bota tipo Walker.

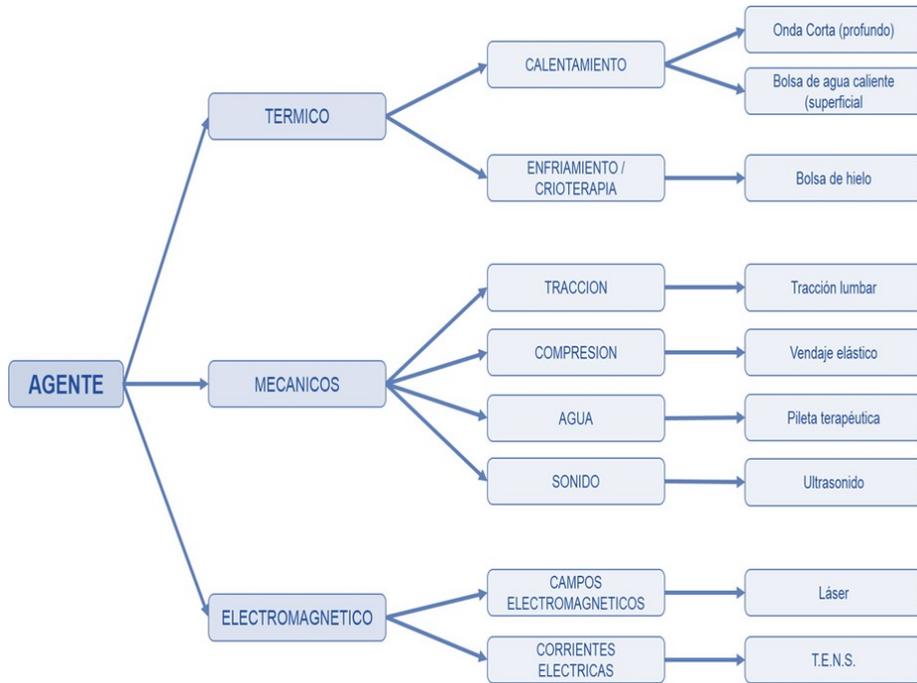
Acción sobre el tono muscular

Debido a diferentes lesiones, los músculos pueden sufrir alteración en el tono.

A través de diferentes evaluaciones se determina que un músculo se encuentra hipotónico (disminución del tono) post-inmovilización, por ejemplo; una hipertonia (aumento del tono) como sucede en una hemiplejía espástica producida por un accidente cerebro vascular o tonos fluctuantes.



Cuadro resumen de la clasificación de agentes físicos.



2.6. Contraindicaciones de los agentes físicos

Los agentes físicos presentan contraindicaciones del tipo absoluta y/o relativa, ya que actúan directamente sobre la fisiología del paciente.

Si no son tenidas en cuentas, en forma responsable, se puede perjudicar y provocar nuevas lesiones. Es por eso, que es importante conocerlas debidamente.

Dentro de las principales contraindicaciones se encuentran:

- El embarazo
- Neoplasias malignas
- Marcapasos u otro dispositivo electrónico implantado
- Alteración de la sensibilidad
- Alteración de la función mental

Estas contraindicaciones merecen una evaluación al momento de plantear un tratamiento.

Por ejemplo, si el mejor tratamiento para un paciente es aplicar calor en una lesión, pero resulta que carece de sensibilidad en dicha zona, en ese caso se puede realizar un testeo térmico en la región contralateral y determinar la temperatura con la que se tratará la lesión (siempre y cuando la alteración de la sensibilidad no sea generalizada).

2.7. Elección del agente físico

La elección de la clase de agente físico para aplicar en un tratamiento, queda encuadrado en el estadio de curación del tejido y de éste dependerá, a su vez, el planteo de los objetivos que se establecerá en la rehabilitación.

2.8. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Guyton A. C.; Hall J. E. (2016) Tratado de fisiología médica. España 13º edición. Ed. Elsevier.

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

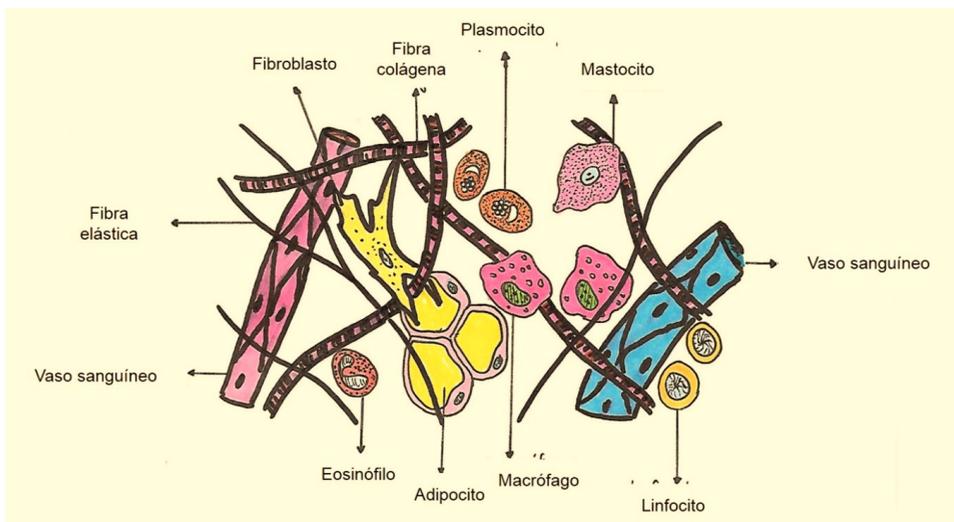
3. ACCIÓN DE LOS AGENTES FÍSICOS EN LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS

3.1. Acción de los agentes físicos en los procesos fisiológicos

Los agentes físicos con fines terapéuticos tienen el objetivo de intervenir, en cierta forma, sobre los procesos fisiológicos de los pacientes, acelerándolos, deteniéndolos o en algunos casos modificándolos. Es por ello que se hará una breve reseña de estos procesos para comprender cómo influye la fisioterapia en la recuperación.

Como punto de partida, tomaremos las secuencias de los temas según Michelle H. Cameron en su libro *Agentes Físicos en Rehabilitación*:

El proceso de inflamación y reparación de los tejidos, seguido del dolor, la alteración del tono muscular y terminar con la limitación de la movilidad.



3.2. Inflamación y reparación de tejidos

Este proceso consta de tres fases, inflamatoria, proliferativa y madurativa, normalmente sigue ese orden en un tejido que ha sufrido una injuria.

Fase Inflamatoria

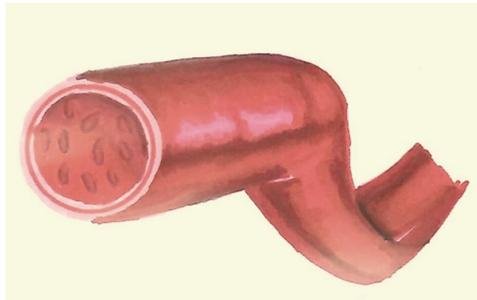
Esta fase lleva un tiempo aproximado de entre 1 a 6 días. Este proceso tiene como objetivo preparar la herida para la curación. Se cumplimenta en cuatro fases. A grandes rasgos, son:

Vasoconstricción



Inmediatamente después de que resulte lesionado un vaso sanguíneo, las membranas celulares dañadas liberan factores inflamatorios tales como tromboxanos y las prostaglandinas; éstos hacen que el vaso se contraiga minimizando la pérdida de sangre y ayudando a que se aglutinen en el área las células inflamatorias y los factores inflamatorios. Esta vasoconstricción dura de cinco a diez minutos.

Vasodilatación



En esta fase se expanden los vasos sanguíneos, fenómeno que alcanza su máximo diámetro a los veinte minutos después de haberse producido la herida. Es el resultado de la intervención de varios factores liberados por las plaquetas (serotonina, bradiquinina, prostaglandinas, prostaciclina, tromboxano e histamina) y otras células.

La histamina es el principal agente que desencadena la vasodilatación y hace que los vasos sanguíneos se tornen porosos, lo que permite que el tejido se vuelva edematoso a causa de las proteínas que aporta el torrente sanguíneo al espacio extravascular, aumentando la carga osmolar y aporta agua a la zona. El incremento de la porosidad en los vasos sanguíneos facilita la entrada de células inflamatorias, tales como leucocitos, en la zona de la herida desde el torrente sanguíneo.

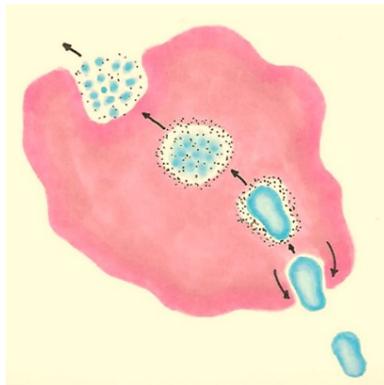
Formación de coágulo



Las plaquetas son fragmentos de células (megacariocitos) que intervienen en el proceso de coagulación, confluyen en mayor número al producirse una herida y liberan una serie de sustancias en la sangre que aumentan la velocidad y migración de células hacia la zona, también producen glicoproteínas en sus membranas celulares que les permiten adherirse unas a otras, formando una masa.

La fibrina y la fibronectina se enlazan y forman una red o tapón que atrapa proteínas y partículas evitando de esta manera que continúe la pérdida de sangre. Este tapón de fibrina y fibronectina se establece como el principal soporte estructural de la herida hasta tanto se deposite el colágeno. El coágulo es eventualmente degradado por lisinas y reemplazado por tejido granular y posteriormente por colágeno.

Fagocitosis



Los macrófagos son células que tienen función fagocitaria; por lo tanto, son esenciales para la cicatrización de una herida. Después de transcurridos dos días de producida la herida, los macrófagos abundan en la zona.

Los monocitos del torrente sanguíneo son atraídos a la zona de la herida por los factores de crecimiento liberados por las plaquetas y otras células, va penetrando en la zona de la herida atravesando las paredes de los vasos sanguíneos. La presencia de monocitos en la herida alcanza su máxima proporción después de 24 a 36 horas de haberse producido la herida. Una vez que se encuentran en la zona, los monocitos maduran y se transforman en macrófagos, que es la principal célula responsable de limpiar la zona de bacterias y residuos.

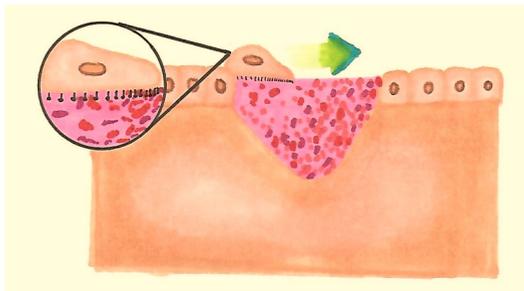
El principal rol de los macrófagos es fagocitar bacterias y al tejido dañado, mediante la liberación de proteasas. Secretan factores de crecimiento y otras citoquinas, especialmente unos tres a cuatro días luego de producida la herida, los mismos atraen al área a células que participan en la etapa de proliferación de cicatrización de la herida.

El bajo contenido de oxígeno en la zona estimula a los macrófagos a producir factores que inducen e incrementan la velocidad de la angiogénesis, y estimulan a las células a producir la reepitelización de la herida, creando tejido granular y formando una nueva matriz extracelular.

Fase Proliferativa

Esta fase proliferativa se lleva a cabo entre el tercer y vigésimo día de producida la lesión, el objetivo es la de cubrir la herida y proporcionar consistencia a la zona de lesión. Al igual que en la fase inflamatoria también consta de subfases que son:

Epitelización



Con el tejido granular presente comienza la fase de re epitelización. Las células epiteliales migran a través del nuevo tejido para crear una barrera entre la herida y

el medio ambiente.

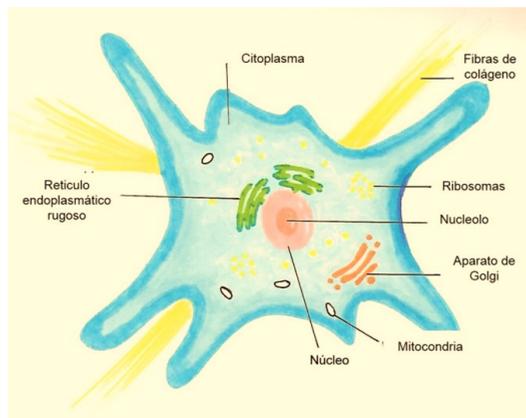
Queratinocitos basales provenientes de los márgenes de la herida y apéndices dérmicos, como los folículos pilosos, glándulas sudoríparas y glándulas sebáceas, son las responsables de la fase de epitelización en la cicatrización de la herida; que avanzan formando una cubierta sobre el sitio de la herida y se desplazan desde los bordes hacia el centro.

Los queratinocitos migran primero, para después proliferar. El tiempo para que comience la migración es variable, puede comenzar un día después de producida la herida. Las células de los márgenes de la herida proliferan durante el segundo a tercer día; de esta manera aumentan las células disponibles para la migración.

Las células epiteliales se montan unas sobre otras para migrar, se la denomina **lengua epitelial**. Las primeras células que se adhieren a la membrana forman la capa basal. Estas células basales continúan su migración a través de la herida, sirviendo de puente para el deslizamiento de otras células epiteliales. Cuanto más rápido se produzca esta migración, tanto menor será la cicatriz que quede.

Las células epiteliales poseen la habilidad de fagocitar residuos, como los productos de tejido muerto y material bacteriano para evitar que obstruyan su paso.

Producción de colágeno/fibroplastia

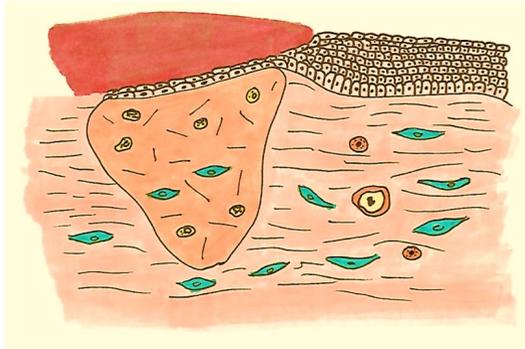


Los fibroblastos aparecen de dos a cinco días después de producida la herida, cuando la fase inflamatoria está finalizando. Su número alcanza un máximo entre una a dos semanas después de producida la herida. Hacia el final de la primera semana los fibroblastos son las células que se presentan con mayor abundancia en la cicatriz.

Los fibroblastos, que se encuentran en el tejido normal, migran hacia la zona de la herida desde sus márgenes, utilizan la fibrina scab (costra en inglés) formada en la fase inflamatoria para desplazarse, adhiriéndose a la fibronectina.

Los fibroblastos depositan, inicialmente, una sustancia basal en la herida y posteriormente el colágeno, al cual se pueden adherir para migrar. La fibroplastia finaliza después de unas dos a cuatro semanas de ocurrida la herida.

Contractura de la herida



En esta etapa, después de siete días, los fibroblastos se han diferenciado en miofibroblastos, que son similares a las células de los músculos lisos y presentan el mismo tipo de actina; la herida comienza a contraerse. En heridas profundas, la contracción alcanza su máximo de 5 a 15 días luego de producida la herida.

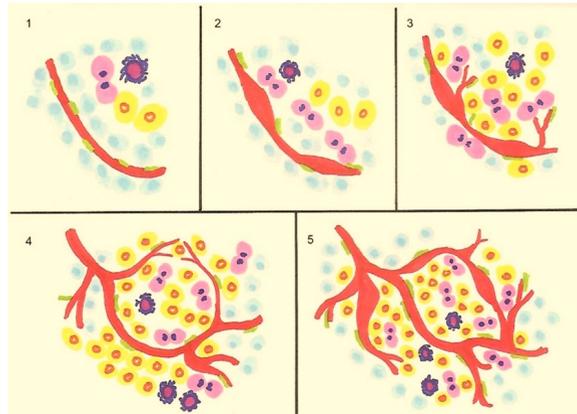
La contracción puede durar varias semanas y continúa aún después que la herida se ha reepitelizado por completo. Si la contracción continúa por demasiado tiempo, puede producir desfiguración y pérdida de función.

La finalidad de la contracción es disminuir el tamaño de la herida y lo hacen a una velocidad de 0,75 mm por día. Una herida grande puede reducir su tamaño entre un 40 % a un 80 % luego de la contracción.

La contracción, por lo general, no se produce de manera simétrica; la mayoría de las heridas poseen un “eje de contracción” que posibilita una mejor organización y alineación de las células con el colágeno.

La etapa de contracción de la fase de proliferación finaliza cuando los miofibroblastos detienen su contracción y se produce apoptosis (muerte celular provocada por el mismo organismo).

Neo vascularización/Angiogénesis



El proceso de angiogénesis (también llamado Neo vascularización) tiene lugar simultáneamente con la proliferación de fibroblastos, cuando las células endoteliales migran hacia la zona de la herida.

La angiogénesis es imprescindible para otras etapas del proceso de cicatrización, tales como la migración epidérmica y de fibroblastos, aportando el oxígeno que precisan los últimos y células epiteliales para desarrollar sus funciones.

El tejido en que se desarrolla la angiogénesis posee un color rojo (eritematoso) producto de la presencia de capilares sanguíneos.

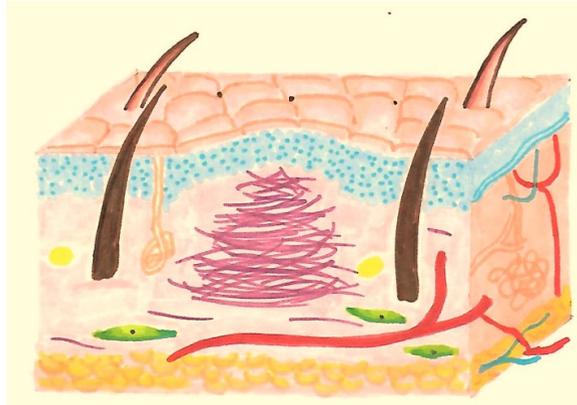
Para migrar, las células endoteliales necesitan colagenasas y para disolver el coagulo, activadores plasminogénicos, que digieren la membrana basal y matriz extracelular permitiendo la proliferación de células y la angiogénesis.

La fibronectina atrae células endoteliales. El crecimiento endotelial y la proliferación son estimulados por la hipoxia y presencia de ácido láctico en la herida.

Cuando el medio en que se encuentran los macrófagos y otras células productoras de factores de crecimiento deja de ser hipóxico y de estar saturado de ácido láctico, dejan de producir factores angiogénicos.

Eventualmente, aquellos vasos sanguíneos que ya no se precisan, mueren mediante apoptosis.

Fase de Maduración



La maduración es la fase donde se modifica el tejido cicatrizal hacia su forma madura. Cuando se igualan los niveles de producción y degradación de colágeno, ha comenzado la fase de reparación del tejido.

La fase de maduración puede durar un año o más, dependiendo del tamaño de la herida y si inicialmente se la cerró o se la dejó abierta.

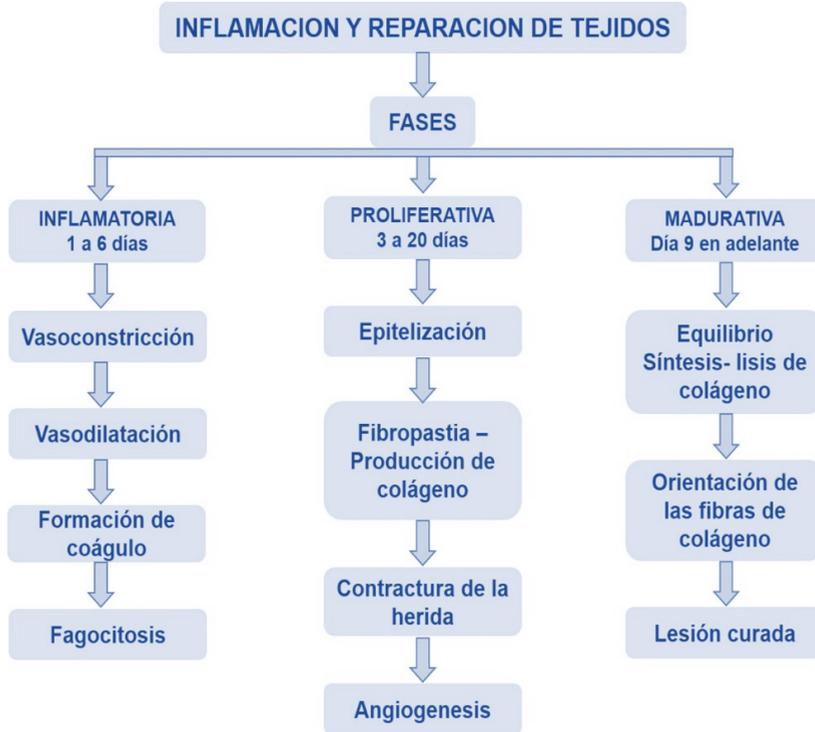
Se degrada el colágeno tipo III, que era el que prevalecía durante la proliferación, y en su lugar se deposita el colágeno de tipo I que es más resistente.

Las fibras de colágeno que inicialmente se encuentran desorganizadas son interconectadas, ordenadas y orientadas a lo largo de líneas de tensión.

En la medida que la fase progresa, se incrementa la resistencia a la tracción de la herida, alcanzando un valor del 50% de un tejido normal, unos tres meses luego de ocurrida la herida y alcanzando un 80% de la resistencia del tejido normal.

Dado que se reduce la actividad en la zona de la herida, la cicatriz pierde su apariencia eritematosa por la apoptosis de los vasos sanguíneos que dejan de ser necesarios.

3.3. Cuadro resumen de las fases de inflamación

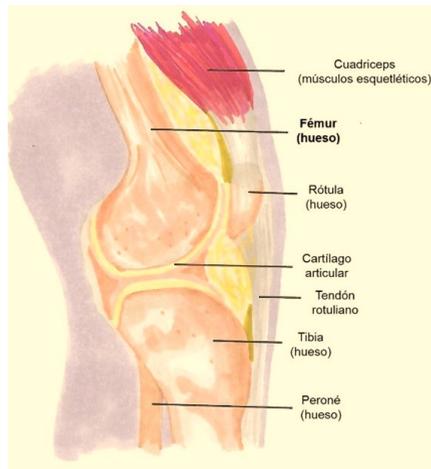


TIPOS DE COLÁGENO	
I	Piel, huesos, tendones y en la mayoría de los órganos
II	Cartilago y humor vítreo
III	Vasos sanguíneos, útero y piel
IV	Membranas basales
V	En los tejidos intersticiales como componente secundario
VI	Abunda en la mayoría de los tejidos intersticiales
VII	Unión dermis-epidermis
VIII	Endotelio
IX	Cartilago
X	Cartilago

Cuadro recordatorio de los tipos de colágeno y en qué estructuras del organismo los encontramos.

En los casos en que la inflamación es del tipo crónica, de duración prolongada (semanas o meses), se produce simultáneamente, signos de inflamación activa, destrucción tisular y de intentos de curación.

Existen diversos factores que afecta el proceso de curación: a) los propios de la herida (tipo, tamaño, ubicación de la lesión, infección, vascularización); b) los externos, como los movimientos; c) los propios del organismo (edad, enfermedad, medicamentos, alimentación). Si bien el proceso de curación es común a todos los tejidos, existen ciertas características de cada uno de ellos que se aplica a la curación.



De esta forma se sintetiza en el siguiente cuadro:

TEJIDO	CARACTERÍSTICA PARTICULAR
Cartilago	<ul style="list-style-type: none"> • Sin irrigación no hay reparación • Con irrigación subcondral de 2 semanas a 2 meses
Tendones y ligamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Inflamación en las primeras 72 hs. • Síntesis de colágeno a los 7 u 8 días • Presencia de fibroblastos a los 14 días • Alineación de fibras de colágenos a los 2 meses
Músculo esquelético	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de células madres que proliferan en determinadas circunstancias para formar nuevas células musculares
Hueso	<ul style="list-style-type: none"> • Fases de curación: <ul style="list-style-type: none"> -Impactación -Inducción -Inflamación -Callo blando -Callo duro -Remodelación

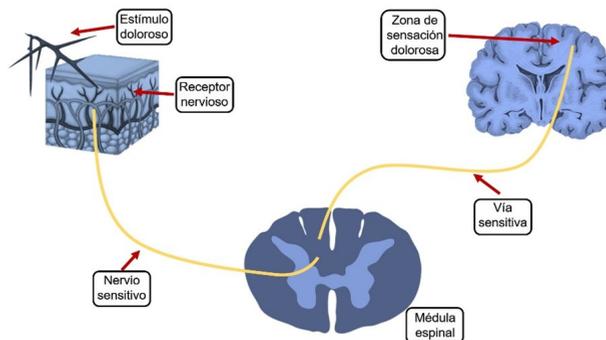
3.4. El dolor



Comenzamos por definir el dolor como una percepción sensorial localizada y subjetiva que puede ser más o menos intensa, molesta o desagradable y que se siente en una parte del cuerpo. Es el resultado de una excitación o estimulación de terminaciones nerviosas sensitivas especializadas.

Este síntoma es un signo de alarma que pone en alerta a una persona sobre una lesión real o potencial, constituye una función importante en la supervivencia.

Mecanismo de recepción y transmisión del dolor



En nuestra profesión, y en todas las ramas de las ciencias de la salud, el dolor es uno de los síntomas que más motiva la consulta de los pacientes, no solo debemos conocer su origen, sino cómo se produce. Como se sabe, la sensación del dolor es generalmente desagradable, que además tiene un componente emocional, pero el aspecto fisiológico y cómo se genera este cuadro, se describirá a continuación.

Todo este proceso tiene origen en unos receptores, éstos se encuentran en la mayoría de los órganos; la piel presenta gran cantidad de ellos y son los encargados de recibir las sensaciones somato sensitivas que vienen de la superficie del cuerpo. Las sensaciones profundas son las que se originan en la profundidad de la dermis y las sensaciones originadas en los órganos son las viscerales.

Los tipos de sensaciones, tienen origen en una terminal nerviosa libre dendrítica periférica, cuya proyección continúa a través de un axón que puede estar rodeado de mielina, como ocurre con las neuronas $A\delta$ o las que no lo están como las neuronas amielínicas.

Toda neurona tiene un soma que se encuentra en los ganglios de la raíz dorsal de la medula espinal, ingresando a través de un axón hasta el asta posterior de la misma. Hasta aquí se describe lo que se conoce como **neurona aferente primaria**.

Las neuronas aferentes primarias o de primer orden tienen características morfológicas particulares. Es así que las neuronas $A\delta$ son mielínicas, esto hace que su velocidad de conducción sea de 12 a 35 metros por segundo, ingresando a la médula en el asta posterior de la sustancia gris en la lámina I y V de Rexed donde hará sinapsis con la neurona de segundo orden.

En el caso de las neuronas tipo C son amielínicas y su velocidad de conducción es de 0,5 a 2 metros por segundo. Una vez que ingresa a la medula espinal hará sinapsis con la neurona de segundo orden en las láminas I y II de Rexed, también conocidas como compuerta dorsal del dolor.

Ya dentro de la médula, esta neurona, luego de la sinapsis continuará hacia el complejo de núcleos ventral posterolateral del tálamo donde hará sinapsis con la neurona de tercer orden, por medio de la cual el impulso llegará a la corteza sensitiva primaria del cerebro.

Cuando nos referimos a las neuronas del tipo $A\delta$, debemos saber que el neurotransmisor que se encuentran en sus sinapsis es el glutamato, que es tenido en cuenta al momento de tratar el dolor con medicación. Estas neuronas se encargan de brindar información al cerebro de los dolores agudos, aquellos que se producen por el daño de tejidos superficiales y tiene una directa relación temporal y de intensidad con la noxa, por lo cual, el término con el que se lo describe es el de epicrítico. También se lo denomina fisiológico, debido a que genera una respuesta flexora o de distanciamiento automático del agente lesional.

En cambio, cuando nos referimos a las neuronas de tipo C, los neurotransmisores presentes son el glutamato más la sustancia P. A estas fibras se las relaciona con los

dolores crónicos con características de dolores protopáticos, ya que es mal delimitado por el paciente y su ubicación no se condice con la ubicación de la estructura que lo origina.

NEURONA	MIELINA	VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN	NEUROTRANSMISOR	LAMINA	DOLOR
A δ	Si	12 – 35 m/s	Glutamato	I – V	Epicrítico Rápido Agudo Fisiológico
C	No	0.5 – 2 m/s	Glutamato + Sustancia P	I - II	Protopático Lento Crónico Patológico

Dolor crónico

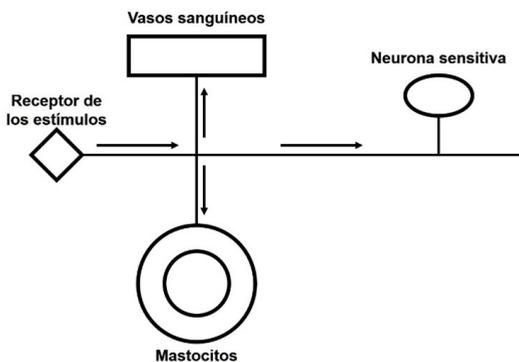
Una unidad sensorial está compuesta por las diferentes neuronas aferentes (de primer, segundo y tercer orden). Las ramificaciones dendríticas de la neurona aferente primaria, son las denominadas terminaciones libres, las cuales, al ser excitadas por diferentes sustancias, provocan el proceso de información consciente del dolor.

Sustancias que excitan a las terminaciones libres.

SUSTANCIA	SÍMBOLO
Potasio	K ⁺
Serotonina	C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O
Caliceínas (cininas BQ y CD)	Proteasa serina
Prostaciclina (prostaglandina E ₂)	C ₂₀ H ₃₂ O ₅
Bradicinina	C ₅₀ H ₇₃ N ₁₅ O ₁₁

Las prostaglandinas E₂ (prostaciclina), son producidas por las células endoteliales que llegan al lugar de la lesión y son capaces, por si solas de excitar a las terminaciones nerviosas libres. Si queremos comprender como los AINE (antiinflamatorios no esteroides) son capaces de actuar como analgésicos, debemos saber que las prostaglandinas E₂ proceden del ácido araquidónico, para que esta transformación suceda, debe estar presente la ciclooxigenasa (COX), es allí donde los AINE son capaces de bloquear la producción de la prostaglandina E₂, ya que inhiben a la COX, cortando el proceso de transformación del ácido araquidónico en prostaglandina E₂.

Volviendo a la generación del dolor, cuando se produce la excitación de las terminaciones libres, sea por un proceso químico, mecánico, temperaturas extremas (frío o calor) o mixto, decimos que se ha producido un potencial receptor o potencial generador, que se produce debido a la detección de un cambio a nivel de las terminaciones libres, que el cerebro terminará interpretando como un dolor. Pero no todo concluye allí, sino que parte de esa excitación llega a las terminaciones nerviosas cercanas (reflejo axónico), liberando la sustancia P que actuarán en los receptores que se encuentran en los mastocitos liberando, de esta forma, histamina, potenciando el estímulo a través de las neuronas de primer orden (hiperalgesia).



Las células que fueron lesionadas, liberarán el factor de crecimiento en el mismo lugar donde se produjo el daño, esto provocará que, por el flujo axoplásmico se desplace hacia la terminal de la neurona de primer orden, convirtiéndola en **neurona sensitiva del dolor**. Mientras no se resuelva esto, no se podrá hablar de analgesia o desaparición del dolor.

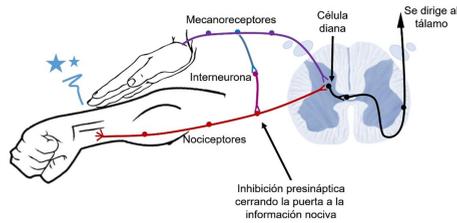
Una vez en las vías centrales, en la médula espinal son transmitidas por las células T; y a través de las vías cerebrales llegan a las áreas S I y S II, encargadas de la percepción de la localización y características del dolor, y a las circunvalaciones del cíngulo anterior y posterior y corteza insular, que están encargadas de la atención sobre la causa del dolor y evaluación del significado del mismo.

3.5. Teoría de control de la compuerta

Control del dolor

Los estímulos no dolorosos cierran las “puertas” al estímulo doloroso, evitando que la sensación dolorosa viaje al sistema nervioso central.

Por lo tanto, la estimulación no nociva es capaz de suprimir el dolor.

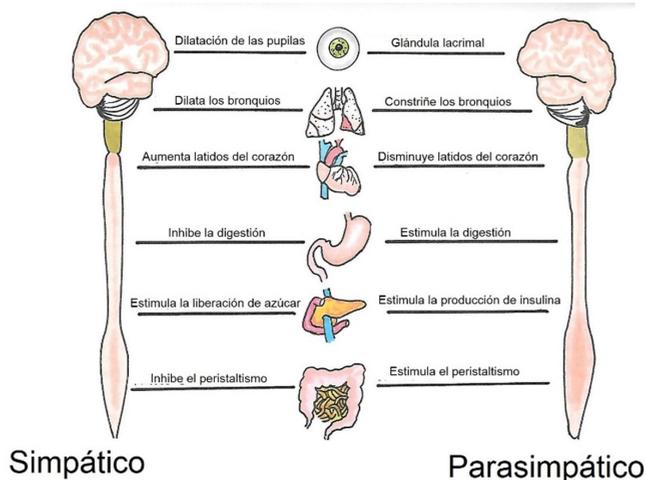


La intensidad de la sensación dolorosa queda determinada por el equilibrio entre señales de entradas excitadoras e inhibitoras de las células en T de la sustancia gelatinosa de la médula espinal. Reciben señales excitadoras de las aferencias nociceptivas A-delta y C, y señales inhibitoras de aferencias sensitivas no nociceptivas de gran diámetro A-beta y de neuronas descendentes provenientes del sistema límbico, el núcleo de rafe y los sistemas reticulares.

Sistema de opioides endógenos

El dolor se encuentra modulado por péptidos endógenos (opiopéptinas o endorfinas), los cuales controlan el dolor uniéndose a receptores de opioides específicos en el sistema nervioso.

Sistema nervioso simpático



La acción o mecanismo es el de “huir”, produciendo un aumento de la frecuencia cardíaca o de la presión arterial, vasoconstricción y aumento de la sudoración en las palmas de las manos.

Sistema motor

El sistema motor se adapta al dolor, redistribuyendo la actividad dentro de los músculos y entre los mismos, modificando características mecánicas, como el movimiento o la rigidez, con el objetivo de proteger al tejido de un dolor o amenaza de dolor o lesión.



Tipos de dolor

Agudo	Habitualmente refleja la intensidad, localización y el momento de comienzo del estímulo inicial, en caso de inflamación, se acompaña de calor, rubor y tumor
Crónico	Normalmente se refiere a un dolor que no se ha resuelto por el transcurso de 3 a 6 meses, dependiendo la causa. Tiene las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Persistente o recurrente • Mayor duración de lo habitual para una enfermedad asociada • No responde al tratamiento • Asociado a un deterioro significativo y fiable del estado funcional
Nociceptivo	Producido por estímulos mecánicos, químicos o térmicos de los receptores del dolor, se asocia a un daño tisular.
Neuropáticos	Producido por una lesión directa o una enfermedad neuropática
Disfuncional	Este dolor no tiene una función protectora, es persistente, se produce con movimientos pequeños, impredecibles y sin una causa identificable
Psicógeno	Existe una influencia de los procesos psicológicos, como ocurre con la somatización.

Existen diferentes metodologías para la evaluación del dolor, inclusive muchos profesionales llegan a crear sus propias escalas con las cuales graduar o clasificar la sensación de dolor de un paciente. *Por ejemplo, hay quienes le indican al paciente que de acuerdo con su percepción indiquen en una escala del 1 al 10 su sensación del dolor, es así como el profesional logra tener una noción de la dimensión del padecimiento.*

Otro tipo de escala, es aquella en la que el paciente indica la calidad o característica del dolor, *por ejemplo si el dolor es del tipo sordo, hiriente, irritante, difuso, irradiado, cortante, punzante, quemante, etc.*

Además, se puede pedir mayor cantidad de información, *como por ejemplo cuantas veces al día siente el dolor, si es con la actividad o el reposo, en qué momentos del día (al mañana, tarde o noche), pedirle que grafique en qué zona siente el dolor.*

Valoración del dolor en los pacientes

Escala Visual Analógica (EVA)

Es una herramienta que se usa para ayudar a una persona a evaluar la intensidad de ciertas sensaciones, como el dolor. En este caso, se lo representa como una línea recta en la que un extremo significa ausencia de dolor y el otro, el peor dolor que se pueda imaginar. El paciente marca un punto en la línea que coincide con la cantidad de dolor que siente. Se puede usar para elegir correctamente el tratamiento a realizar.

Escala de Victorian Institute of Sport Assessment (VISA-P)

Esta escala permite una clasificación clínica basada en la gravedad sintomática, la capacidad funcional y la capacidad deportiva. La escala VISA-P consta de 8 ítems. Seis ítems califican el nivel de dolor durante las actividades diarias y las pruebas funcionales en una escala numérica de calificación del dolor (de 0 a 10), y 2 ítems brindan información sobre la participación deportiva (opciones de respuesta categóricas). La puntuación máxima posible, que corresponde a un atleta asintomático, es de 100 puntos. El mínimo teórico es de 0 puntos.

3.6. Tratamiento del dolor

Existen diversos tratamientos para el dolor, desde los farmacológicos que controlan el dolor modificando los mediadores inflamatorios a nivel periférico, alterando la transmisión del dolor desde la periferia a la corteza, entre estos fármacos se encuentran miorrelajantes, analgésicos del tipo sistémico y tópicos, los AINE (antiinflamatorios no esteroides), los opiáceos, infiltraciones del tipo local, etc.

Los ejercicios han demostrado disminuir la intensidad del dolor a través del aumento del umbral del dolor y la tolerancia al mismo.

Los agentes físicos, actúan sobre el dolor, moderando la liberación de mediadores inflamatorios, modulando la percepción del dolor en la médula espinal, *como por ejemplo a través del T.E.N.S. (electroanalgesia) actuando en el sistema de compuertas antes descrito.*

3.7. Tono muscular

Es el estado permanente de contracción parcial, pasiva y permanente de los músculos; es el estado de reposo que permite mantener la postura corporal acorde para cada movimiento que, recordemos, no requiere de esfuerzos, ya que se regula mediante la actividad inconsciente del sistema nervioso.

Alteraciones del tono

Hipotonía, depreciación del tono, se aprecia una disminución de la resistencia al estiramiento en comparación con músculos normales. Producido por déficit en los impulsos desde las motoneuronas alfa hasta las fibras musculares.



Hipertonía, elevación del tono, contrario a la hipotonía, existe un aumento de la resistencia al estiramiento en comparación con los músculos de características normales. Frecuentemente se producen por lesiones supramedulares.



Tono fluctuante, es de difícil evaluación cuando esta fluctuación es de extenso rango, es común describir como un movimiento visible y no el tono. Se suele presentar por afectación en los ganglios basales.

Medición del tono muscular

Existen varios métodos, del tipo cuantitativo y cualitativo, pero existen limitaciones para la medición estática del tono muscular debido a cambios en el sujeto o en las condiciones ambientales.

En el caso de las mediciones del tipo cuantitativas existen diversos elementos: dinamómetro o miómetro, pruebas isocinéticas, electromiografía, prueba del péndulo. Otras técnicas de mediciones como la escala clínica del tono, la escala de Ashworth y Ashworth modificada son menos objetivas pero muy utilizadas hoy en día.

3.8. Escala de Ashworth modificada de Bohanson y Smith

0	Tono muscular normal.
1	Aumento ligero en el tono del músculo, resistencia mínima en los últimos grados del rango de movimiento.
1+	Aumento ligero en el tono del músculo, resistencia mínima a lo largo de menos de la mitad del rango del movimiento (signo de navaja).
2	Aumento del tono más marcado, en la mayor parte del rango de movimiento, pero la extremidad puede moverse fácilmente.
3	Considerable aumento del tono muscular, el movimiento pasivo es dificultado (signo rueda dentada).
4	La parte afectada está rígida en flexión o extensión

El músculo está compuesto por elementos contráctiles en las fibras musculares llamados miofilamentos; elementos celulares que sirven de soporte estructural; tejido conjuntivo que recubren las fibras y al músculo entero y tendones que se encuentran unidos a músculos y huesos. Recibe impulsos nerviosos a través de la unión neuromuscular, formada por: una neurona pre sináptica, un espacio sináptico y una o más células musculares.

Cuando los impulsos nerviosos dan señal al músculo para que realice una contracción o una relajación, la actividad bioquímica de los elementos contráctiles hace que las fibras se acorten o alarguen. Cuando los elementos contráctiles se activan, se deslizan unos sobre otros, ayudados por los elementos celulares que mantienen la estructura muscular y el tejido conjuntivo que actúa de soporte y lubrica durante el cambio de longitud del músculo.

Las características particulares de una célula nerviosa o neurona está dada por las dendritas (proyecciones múltiples receptoras de estímulos de otras neuronas);

un axón (conduce el estímulo); múltiples botones sinápticos (transmiten estímulos a través de las sinapsis con músculos, órganos, glándula o neurona diana). Las neuronas pueden responder y transmitir señales a través de los neurotransmisores, exceptuando a las neuronas sensitivas.

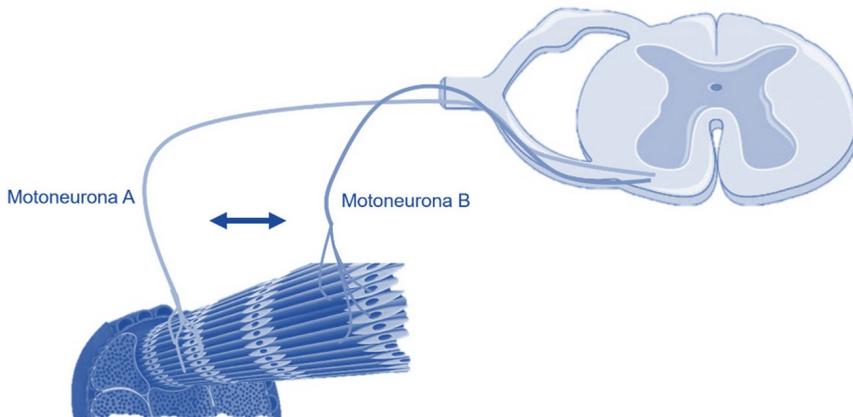
3.9. Estimulación nerviosa del músculo

Motoneurona Alfa, también denominada célula del asta anterior, está encargada de transmitir señales o impulsos desde el sistema nervioso central a los músculos.

Impulsos periféricos, las neuronas sensitivas pueden estimular directamente a neuronas de la médula espinal, tienen un efecto más rápido y menos regulado sobre las motoneuronas alfa, que otras fuentes de impulso que deben atravesar el encéfalo.

Impulsos procedentes de la médula, existe un circuito nervioso, que se encuentra compuesto por interneuronas (contactan una con otras dos), para establecer una conexión intersegmentaria entre los diferentes niveles de la médula espinal.

Impulsos procedentes de fuentes supra medulares, áreas del sistema nerviosos central que se originan por encima de la médula espinal y tiene conexión con las motoneuronas alfa a través de las vías descendentes.



3.10. Restricción de la movilidad



Los distintos tipos de movilizaciones se clasifican en:

Activa, se define a la misma como la realizada por la contracción de los músculos que cruzan una articulación.

Pasiva, es realizada, por completo, por una fuerza externa sin contracción muscular voluntaria por parte del paciente.

Fisiológica, se refiere a la movilidad de un segmento del cuerpo en relación a otro. Ejemplo: extensión fisiológica de rodilla (la pierna se aleja del muslo).

Accesoria, se produce entre las superficies articulares durante la movilidad fisiológica normal. Ejemplo: deslizamiento anterior de la tibia con respecto al fémur durante la extensión fisiológica de rodilla.

Tipos de restricciones de la movilidad

Las restricciones se dividen en capsular, que es la pérdida de movilidad causada por la retracción de la cápsula articular; y la no capsular, que puede ser causado por adherencias que no sigue las características del tipo capsular (puede ser causado por adherencias ligamentosas, lesión extra articular, etc.).

Estas restricciones pueden darse debido a tejidos contráctiles, está compuesto por la unidad musculo tendinosa (incluye músculo, unión musculo tendinosa, tendón y la superficie de contacto del tendón con el hueso).

Los tejidos que no son parte de la unidad músculo tendinosa, también responsables de restricciones, son denominados tejidos no contráctiles.

Patologías que pueden causar restricción de la movilidad:

Contractura	La movilidad puede verse restringida si se acortan cualquiera de las estructuras de los tejidos blandos de una zona.
Edema	El edema intra articular distiende la cápsula articular y puede restringir la movilidad activa como la pasiva.
Adherencias	Es debido a la unión anormal de tejidos entre sí, éstos pueden ser de estructuras diferentes o similares.
Bloqueo mecánico	Puede ocurrir por presencia de fragmento óseo, cartilagosos o meniscos.
Hernia Discal	Bloqueo directo de la movilidad de la columna en el caso por atrapamiento de un fragmento del disco intervertebral en una faceta articular.
Neurológica	La médula espinal y los nervios periféricos deben adaptarse al stress mecánico y fisiológico, como sucede, por ejemplo, en la flexo extensión de columna. En ese caso, el sistema nervioso debe adaptarse a los cambios de longitud sin interrupción de la transmisión nerviosa.
Debilidad	Por hipotonía muscular, sin posibilidad de generar una contracción suficiente como para mover un segmento del cuerpo.
Otros factores	Dolores, psicológicos, psicosomáticos

3.11. Examen y evaluación

Al igual que en las mediciones del tono muscular existen del tipo cuantitativas (goniómetros, cinta métrica, etc.) y cualitativas (palpación pruebas de movilidad, sensación terminal del movimiento).

Para las mediciones existen pautas a tener en cuenta:

- Arco de movilidad activo y pasivo
- Pruebas musculares activas y contra resistencia
- Movilidad accesoria
- Longitud muscular
- Tensión neural adversa

En este tipo de restricciones el papel de los agentes físicos es de gran utilidad, porque con éstos podemos lograr un aumento de la extensibilidad de los tejidos blandos, control de la inflamación y de la formación de adherencias, control del dolor durante el estiramiento, facilitación de la movilidad.

3.12. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Guyton A. C.; Hall J. E. (2016) Tratado de fisiología médica. España 13º edición. Ed. Elsevier.

Moreno C.; Prada D. (2004) Fisiopatología del dolor clínico. Bogotá, Colombia. Asociación Colombiana de Neurología

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Rouvière, H.; Delmas, A. (1998) Anatomía humana Tomo I, tomo II y tomo III. Barcelona, España. 9º edición. Ed. Masson.

Wall P.; Melzack R. (2007) Tratado del dolor 5º Edición Versión en español. Ed. Elsevier.

Regresar al Sumario

4. CLIMATOTERAPIA, HELIOTERAPIA Y TALASOTERAPIA

4.1. Climatoterapia

La climatoterapia es una modalidad de tratamiento que utiliza los elementos climáticos de una determinada zona geográfica con el propósito de participar en el tratamiento de ciertas enfermedades.

La biometeorología establece los parámetros que definen el clima de un determinado lugar, temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitaciones, cargas eléctricas, vientos y datos geográficos como la altitud y la proximidad al mar entre otros parámetros.

Hay que saber diferenciar entre clima, que es el patrón atmosférico de un sitio durante un periodo largo, lo suficientemente largo para producir promedios significativos, y el tiempo que es el estado de la atmósfera en un sitio particular durante un corto periodo.



4.2. Efectos biológicos según los climas

Clima de llanura (menos de 300 metros de altura)

Características

- Presenta escasa ventilación durante todo el año, excepto ante el paso de una alteración atmosférica.
- Frecuente ionización positiva del aire.
- Escasas precipitaciones.
- Elevada presión atmosférica.
- Humedad relativa frecuentemente elevada.
- Escasa radiación ultravioleta.
- **Indicaciones**
 - a) Enfermos sensibles a los cambios violentos de tiempo y a la altura.
 - b) Personas que sufren algún trastorno nervioso o desequilibrio psíquico.
 - c) Según la región puede beneficiar también a aquellos que sufren ciertos tipos de bronquitis.
 - d) Pacientes con ligeras descompensaciones cardiovasculares.
 - e) Neuropatías crónicas.
 - f) Hipertensión arterial y diabetes.

- **Contraindicaciones**

- a) Personas depresivas
- b) Estados alérgicos, cutáneos y bronquiales.

Clima de bosque-colina (de 300 a 700 metros de altura)

Características

- Ventilación escasa con alguna brisa a determinada hora del día.
- Presión atmosférica menos elevada que en la llanura.
- Humedad relativa baja.
- Ionización del aire fundamentalmente negativa.

- Buena transparencia del aire.
- Menor grado de insolación que en la llanura por las neblinas invernales.
- Precipitaciones poco abundantes.

- **Indicaciones**

- a) Cardiopatías descompensadas
- b) Nefropatías
- c) Poli artritis reumatoidea
- d) Convalecencia post infecciosa
- e) Tuberculosis pulmonar
- f) Síndromes ansiosos
- g) Distonías vegetativas
- h) Climaterio
- i) Obesidad
- j) Bronconeumonías agudas.

- **Contraindicaciones**

- a) Síndromes depresivos, bronconeumonías crónicas, pólipos nasales y de vías respiratorias.

Clima de montaña

Características

- Baja montaña (700 a 1.200 metros)
- Media montaña (1.200 a 1.600 metros)
- Alta montaña (1.600 a 2.000 metros)
- Clima alpino (más de 2.000 metros).

A mayor altura, la ventilación va acentuándose y disminuye tanto la temperatura como la presión atmosférica. La ionización es siempre negativa, la humedad relativa suele ser baja, pero las precipitaciones pueden aumentar con la altura, así como la insolación por aumento de la intensidad en la radiación ultravioleta.

■ Indicaciones

Estos climas de altura fortalecen los movimientos respiratorios y cardíacos, estimulan la producción de los glóbulos rojos en la sangre y también el apetito. Estos climas son convenientes para:

- a) Individuos convalecientes de enfermedades graves o de larga duración
- b) Personas que padecen agotamiento físico y mental
- c) Anémicos
- d) Trastornos de la tensión arterial
- e) Hipertiroidismo
- f) Dermatitis alérgicas
- g) Síndromes depresivos
- h) Artropatía gotosa y reumática
- i) Diabetes mellitus

■ Contraindicaciones

No se recomienda en los casos de tuberculosis en fase activa, cor-pulmonae crónico (enfermedad cardíaca pulmonar), fiebre reumática, nefropatías severas, descompensaciones cardio circulatorias, hipertensión arterial severa, enfisema pulmonar, tampoco en los casos de bronconeumonía obstructiva.

Clima de los grandes lagos

Características

Se presenta con una presión atmosférica elevada, con temperaturas frescas y humedad relativa elevada, con precipitaciones elevadas, y altas chances de sufrir insolación por la intensa radiación ultravioleta.

■ Indicaciones

- a) Déficit inmunitarios
- b) Problemas inflamatorios
- c) Síndromes ansiosos
- d) Etapas de convalecencias
- e) Hipertiroidismo

- f) Hipertensión arterial
- g) Bronconeumonía crónica obstructiva
- h) Nefropatía crónica
- i) Climaterio

■ **Contraindicaciones**

No se recomienda en los casos de personas en estado depresivo, ciclotímicos, trastornos de la personalidad ni descompensación cardiovascular.

Clima continental

Características

La ventilación poco acentuada, elevada presión atmosférica, variaciones en la temperatura, elevada humedad relativa, ionización positiva, precipitaciones poco regulares. La radiación ultravioleta escasa.

■ **Indicaciones**

- a) Hipotiroidismo
- b) Anemia
- c) Trastornos de personalidad y estrés

■ **Contraindicaciones**

- a) Patologías cardiovasculares descompensadas

Clima marino

Características

Incluye los baños en aguas de mar, la exposición al aire y radiaciones solares. Estos elementos, al actuar combinados, promueven la desintoxicación, aumento del apetito con una mejora en el funcionamiento intestinal y gástrico, Aumento en la producción de los glóbulos rojos; en general, sobre el organismo produce efectos tonificantes, estimulantes y reconstituyentes.

■ **Indicaciones**

- a) Postquirúrgicos cardiovasculares (pasado 3 meses de la cirugía)
- b) Alergias respiratorias no asmáticas
- c) Glomerulonefritis aguda

- d) Edema de miembros inferiores
- e) Anemia hipocromía
- f) Hipotiroidismo
- g) Artropatías crónicas degenerativas
- h) Osteoporosis
- i) Psoriasis
- j) Tuberculosis extra pulmonar
- k) Fiebre reumática

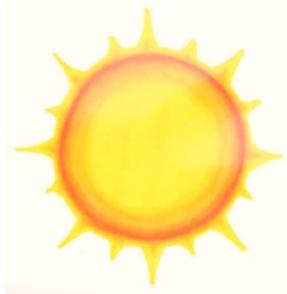
■ **Contraindicaciones**

- a) Cardiopatías severas
- b) Hipertensión arterial severa
- c) Tuberculosis activa
- d) Glomerulonefritis con insuficiencia renal severa
- e) Anemia aplásica
- f) Hipertiroidismo
- g) Diabetes descompensada
- h) Artropatías en fase aguda



4.3. Helioterapia

Podemos definir a la helioterapia, como el tratamiento basado en la exposición al sol de manera dosificada, teniendo en cuenta que no siempre más es mejor. La frase “cuanto más sol, mejor salud” es incorrecta.



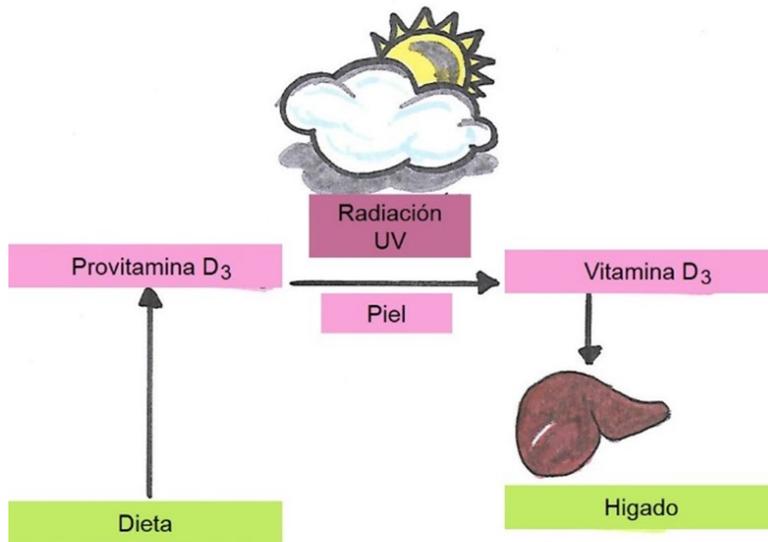
Para realizar los tratamientos con la exposición al sol, hay que tomar precauciones, como ser:

- Evitar las horas de mayor intensidad solar. Principalmente en los meses de verano, huir de las horas cercanas al mediodía y aprovechar las primeras horas de la mañana o las últimas de la tarde, cuando la luz solar no es tan intensa.
- Comenzar la exposición al sol progresivamente. En un principio, no más de 15 minutos, ir aumentando paulatinamente el tiempo de exposición a medida que la piel se vaya cubriendo del color moreno, que es su protección natural ante los rayos ultravioletas.
- Ser especialmente cautos y precavidos con los niños. A ellos les gusta jugar al sol y fácilmente pueden recibir una dosis excesiva de luz solar, superior a la que necesitan. La piel de los niños es especialmente vulnerable, por lo que los tiempos de exposición deben ser menores que para los adultos.
- El “Baño del sol” nunca debe dejar sensación de cansancio. Deben ser estimulantes y no agotadores, por ello, si se nota cansancio al finalizar el tratamiento, es signo de dosis excesiva de helioterapia.
- Es muy importante la protección de la cabeza con gorros o sombreros y los ojos con gafas de sol homologados.
- Aplicarse filtros solares.

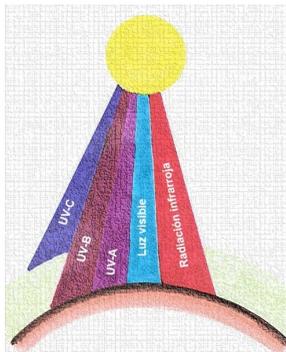


4.4. Efectos de las radiaciones solares

- Estimulación del sistema inmune.
- Estimulación de la síntesis de vitamina D, la cual influye en la absorción intestinal del calcio y en el proceso de mineralización ósea.
- Prevención del raquitismo y la osteoporosis.
- Estimula la producción de ciertas hormonas sexuales y neurotransmisores
- Disminución de la presión sanguínea. Esto favorece en caso de que el paciente sufra de hipertensión.
- Se observaron mejorías en pacientes que sufren enfermedades autoinmunes como la psoriasis.
- Mejora en enfermedades reumáticas, diabetes, gota, úlceras crónicas, heridas, asma.
- La vitamina D induce a la catelicidina, un polipeptido eficaz contra infecciones bacterianas, como la tuberculosis, y virales.



4.5. Espectro electromagnético de la luz solar



Radiación infrarroja: La radiación infrarroja proporciona calor y representa aproximadamente el 49% de la radiación solar.

Luz visible: representan aproximadamente el 43% de la radiación y proporcionan luz.

Rayos ultravioleta (UV-A,B,C): representan el 7%.

Otros tipos de rayos: representan cerca del 1 % del total.

■ **Indicaciones**

Los efectos biológicos se obtienen gracias a la combinación de los tres tipos de radiaciones que se encuentran contenidos en la luz solar.

- Convalecencia de enfermedades
- Procesos reumáticos, siempre y cuando la humedad relativa ambiente sea baja
- Trastornos metabólicos, por ejemplo, el raquitismo o gota
- Manejo integral de la psoriasis, fundamentalmente en sus formas eritematosas escamosas evolutivas
- De gran valor para elevar la circulación, la inmunidad y la resistencia de la piel, muy útiles en la cicatrización de heridas cutáneas.
- En dosis pequeñas tienen un gran efecto para elevar la vitalidad de los pacientes postrados o inmovilizados
- Tratamiento de osteoporosis, tuberculosis osteoarticular, ganglionar, peritoneal y cutánea.

■ **Contraindicaciones**

- Tuberculosis pleuropulmonar
- Afecciones graves cardiacas, hepáticas y renales
- Neoplasias epiteliales
- Colagenopatías como el lupus eritematoso sistémico
- Hipertensión grave
- Estados febriles

4.6. Talasoterapia

El término proviene etimológicamente del griego *thalassa* (*mar*) y *tehrapia* (*terapia*), éste se debe al Dr. Bonnardiere de Arcachon (1.869).

El médico británico Richard Russel desarrolló, a mediados del siglo XVII, el primer tratado médico de curas marinas.



Esta terapia se basa en el uso de diferentes medios marinos, juntos o separados, entre los cuales se encuentran: el agua de mar, algas, barro y otras sustancias extraídas del mar y el clima marino, como agentes terapéuticos.

El agua se recoge de lugares donde se encuentre limpia para garantizar la ausencia de agentes contaminantes, en caso de contener arena se debe dejar decantar hasta quedar transparente antes de su aplicación en los distintos tratamientos.

Por ejemplo el agua de mar elimina por si misma los agentes patógenos por el mecanismo de ósmosis.



Las técnicas utilizadas en talasoterapia son similares a las que se emplean en las terapias con aguas termales.

4.7. Técnicas de tratamiento

Naturales

- Baño en el agua de mar al aire libre
- Los enterramientos en la arena de la playa
- La aeroterapia marina, por ejemplo paseos a la orilla del mar
- Las curas del sol (helioterapia)



Artificiales

- Balneación individual
- Baños generales: bañeras con sistema de aireación, baños de burbujas o chorros subacuáticos automáticos
- Baños parciales: inmersión de manos, maniluvios o pediluvios.
- Balneación colectiva
- Circuito de piscina: comprenden diversas piscinas de agua de mar a diferentes temperaturas, entre 18° y 38° C (zona de agua de mar fría, zona de saunas, baños de vapor marino y zonas de reposo).
- Piscina dinámica: adaptadas con aparatos y material auxiliar para realizar ejercicios y técnicas de reeducación funcional con profesionales fisioterapeutas.
- Piscina de marcha
- Duchas: circular, a fusión, subacuático
- Chorros: Jet o a presión, subacuático
- Ducha Vichy complementado en muchas ocasiones con masaje
- Envoltura de algas de lodos marinos
- Aerosolterapia marina: baños de vapor marino, aerosoles, lavados nasales, etc.



■ **Indicaciones**

- Afecciones osteomioarticulares
- Afecciones respiratorias
- Afecciones dermatológicas
- Afecciones circulatorias
- Afecciones infecciosas
- Afecciones neurológicas
- Tratamiento del estrés.

■ **Contraindicaciones**

- Presencia de fiebre
- Reumatismos agudos
- Síndromes radiculares o neuropatías
- Insuficiencia renal
- Crisis de asma bronquial
- Epilepsia
- Insuficiencia cardiovascular y respiratoria severa
- Enfermedad cerebrovascular en estado agudo
- Hipertensión arterial severa
- Reacciones psicopáticas e hipocondríacas
- Estados fóbicos
- Hipertiroidismo
- Gastroenteritis
- Enfermedades del sistema neurovegetativo

4.8. Protección de la salud a partir del cuidado del ambiente



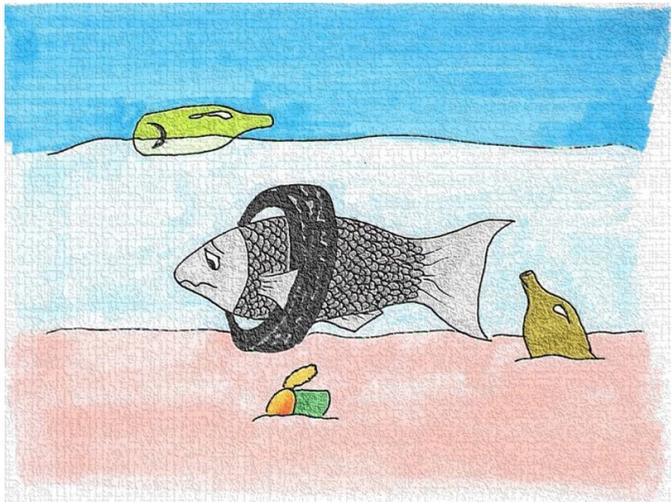
La naturaleza nos brinda muchos elementos para el cuidado de nuestro organismo; por eso, es importante saber cómo perjudicamos al ecosistema, para evitar el colapso ambiental.

4.9. Contaminación hídrica

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales, como sucede en el caso del mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la tierra y en los océanos, algo similar sucede con los hidrocarburos y otros productos.

Suelen ser fuentes muy dispersas de contaminación, excepto en lugares concretos.

La contaminación humana, a diferencia de la natural, suele ser mucho más peligrosa que la natural, pero con la capacidad de controlarla.



Principales contaminantes:

- Basura, desechos químicos de las fábricas, industrias, etc.
- Aguas residuales y otros productos que demanden oxígeno.
- Agentes patógenos, como bacterias, virus, protozoarios, parásitos que llegan al agua a través de desechos orgánicos.
- Los nutrientes vegetales que estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas, agotando de esta forma el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos industriales, pesticidas, sustancias tensoactivas presentes en los detergentes.
- Petróleo, principalmente los vertidos accidentalmente
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías (agua de lluvia que circula sobre la superficie de un terreno) provenientes de las tierras de cultivo.
- Sustancias radioactivas procedentes de productos de la minería, refinado de uranio y torio, uso médico y científico de materiales radiactivos.
- Vertido de aguas destinadas a la refrigeración de las fábricas y centrales energéticas, haciendo subir la temperatura del agua
- Vertido de aguas servidas a los ríos, lagos y mares.
- Vertimiento de relaves mineros, basuras y desmontes en las aguas

4.10. Contaminación del aire



En el aire se encuentran presentes materias o formas de energía que implican riesgo para las personas y elementos de cualquier naturaleza, que además pueden reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

La contaminación atmosférica puede ser local debido al efecto de focos en inmediaciones del mismo.

Se denomina planetario cuando se ve afectado el equilibrio del planeta o zonas alejadas de los focos emisores.

Se designan contaminantes primarios a los que se emiten directamente a la atmósfera como el dióxido de azufre, porque daña directamente a la vegetación e irrita los pulmones.

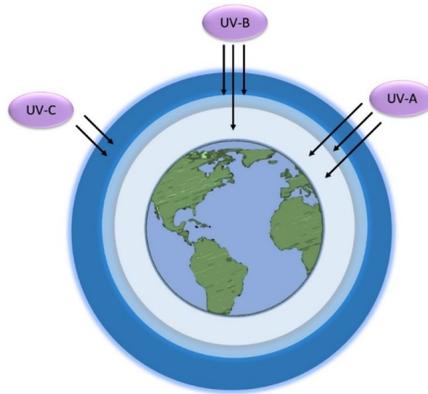
Los contaminantes secundarios son los que se forman mediante procesos químicos actuando sobre los contaminantes primarios o especies no contaminantes en la atmósfera.

Entre los más importantes se encuentran:

- El ácido sulfúrico, que se forma a partir de la oxidación del azufre
- El dióxido de nitrógeno, se forma al oxidarse el componente primario óxido nítrico (en zonas aglomeradas de tránsito, los automóviles llegan a producir cerca del 60% del total de óxidos de nitrógeno).



4.11. Capa de ozono



En la zona de la estratósfera terrestre se encuentra una concentración relativamente alta de ozono. Es una capa que se extiende entre 15 y 50 km. de altitud, el 90 % de este gas está presente en la atmósfera y es el responsable de absorber el 97 al 99 % de la radiación ultravioleta.

La capa de ozono fue descubierta en 1.913 por los físicos franceses Charles Fabry y Henri Buisson, sus propiedades fueron examinadas en detalles por el meteorólogo británico Dobson, que además desarrolló un sencillo espectrómetro y estableció una red mundial de estaciones de monitoreo del ozono, en la actualidad siguen operando.

La unidad de medición Dobson fue nombrada en su honor.

4.12. Efecto invernadero



El proceso en que la radiación térmica emitida por la superficie del planeta es absorbida por los gases GEI (gases de efecto invernadero) y re irradiada en todas las

direcciones se denomina Efecto Invernadero, y que es devuelta a la superficie y a la atmósfera inferior, dando como resultado un aumento de la temperatura superficial media.

GASES DE EFECTO INVERNADERO AFECTADOS POR ACTIVIDAD HUMANA						
DESCRIPCION	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	HFC-23	CF ₄
Concentración pre industrial	280 ppm	700 ppb	270 ppb	0	0	40 ppt
Concentración en 1.998	365 ppm	1.745 ppb	314 ppb	268 ppt	14 ppt	80 ppt
Permanencia en la atmósfera	5 – 200 años	12 años	114 años	45 años	280 años	< 50.000 años
<i>Fuente: ICCP, Clima 2001, la base científica, resumen técnico del informe del grupo de trabajo I, P. 38</i>						
EMISIONES DE CO₂ EN EL MUNDO PROCEDENTES DE COMBUSTIBLES FÓSILES (1.990-2.007)						
DESCRIPCION	1.990	1.995	2.000	2.005	2.007	% Cambio 90-97
Co₂ en millones de toneladas	20.980	21.810	23.497	27.147	28.962	38,0 %
Población mundial en millones	5.259	5.675	6.072	6.382	6.535	25,7 %
CO₂ per cápita en toneladas	3,99	3,84	3,87	4,20	4,38	9,8 %
<i>Fuente: Agencia Internacional de la Energía</i>						

4.13. Contaminación acústica



Contaminación sonora se denomina al exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Es sabido que el ruido no se acumula, no se traslada, ni tampoco se mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, igualmente puede causar daños en la calidad de vida de las personas.

Los efectos se clasifican en:

EFECTOS			
AUDITIVOS			<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento temporal del umbral de audición (TTS: <i>Temporary threshold shift</i>) • Desplazamiento permanente del umbral de audición (PTS: <i>Permanent threshold shift</i>) • Interferencia en la comunicación oral
NO AUDITIVOS	Psicopatológicos	< de 60 dB	<ul style="list-style-type: none"> • Dilatación de las pupilas y parpadeo acelerado • Agitación respiratoria, aceleración del pulso y taquicardia • Aumento de la presión arterial y dolor de cabeza • Menor irrigación sanguínea y mayor actividad muscular (se ponen tensos y dolorosos, principalmente cuello y espalda)
		< de 85 dB	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la secreción gástrica, gastritis o colitis • Aumento del colesterol y de los triglicéridos, con el consiguiente riesgo cardiovascular. En enfermos con problemas cardiovasculares, arterioesclerosis o problemas coronarios, los ruidos fuertes y súbitos pueden causar un infarto. • Aumento de la glucosa en sangre.
	Psicológicos		<ul style="list-style-type: none"> • Insomnio y dificultad para conciliar el sueño • Fatiga • Estrés (existe un aumento de las hormonas relacionadas con el estrés como la adrenalina), depresión y ansiedad • Irritabilidad y agresividad • Histeria y neurosis • Aislamiento laboral
	Sobre el sueño Sobre la conducta En la memoria En la atención En el embarazo Sobre los niños		

4.14. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Guyton A. C.; Hall J. E. (2016) Tratado de fisiología médica. España 13º edición. Ed. Elsevier.

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Rouvière, H.; Delmas, A. (1998) Anatomía humana Tomo I, tomo II y tomo III. Barcelona, España. 9º edición. Ed. Masson.

Wall P.; Melzack R. (2007) Tratado del dolor 5º Edición Versión en español. Ed. Elsevier.

Regresar al Sumario

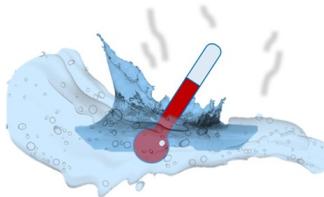
5. HIDROTERAPIA, BALNEOTERAPIA Y TERMALISMO

5.1. Hidroterapia

El término Hidroterapia deriva de las palabras *Hydro=Agua* y *Therapeia=Curación*. Es la aplicación del agua, en forma interna o externa, para el tratamiento de la disfunción física o psicológica.

5.2. Bases físicas de la hidroterapia

Calor específico y conductividad térmica



El calor específico del agua es hasta 4 veces mayor que el del aire, y su conductividad es 25 veces la del aire. El agua transfiere calor de dos formas, si está en estado calmo lo realiza por conducción, si está en movimiento lo hace por convección. La temperatura del cuerpo del paciente aumenta con mayor velocidad si se aumenta la agitación del agua; por el contrario, para acelerar la disminución de la temperatura corporal del paciente; éste debe moverse más deprisa dentro del agua.

Flotabilidad



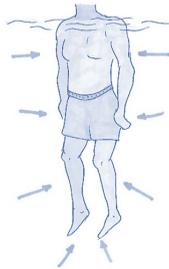
La flotabilidad se basa en el principio de Arquímedes “Cuando un cuerpo está completa o parcialmente sumergido en un líquido en reposo, experimenta un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desplazado”. En el caso de los pacientes se explica, porque la densidad del cuerpo humano es inferior a la densidad del agua, lo que provoca que el mismo flote.

Resistencia



La resistencia esta proporcionada por la viscosidad del agua, la cual provoca una resistencia al movimiento.

Presión hidrostática



Se basa en la ley de Pascal “Un líquido ejerce la misma presión en todas las superficie del cuerpo en reposo a una profundidad determinada, esta presión aumenta en forma proporcional a la profundidad”. Es la presión que ejerce un líquido sobre un cuerpo sumergido en dicho líquido.

5.3. Factores hidrostáticos

Estos factores están regidos por el principio de flotación definido por Arquímedes y compresión definido por Pascal. Los cuerpos flotan en el momento de la introducción en el agua, ya que pesan menos y pueden moverse mejor. Al momento de realizar la terapia resulta beneficiosa porque disminuye el estrés de la carga sufrida por las

articulaciones.

El cuerpo humano puede reducir el perímetro torácico y abdominal dependiendo de la profundidad a la que se trabaje; por lo tanto, hay que tener las siguientes precauciones sobre:

- La función respiratoria
- El sistema circulatorio
- El sistema muscular
- Las cavidades corporales

Permite realizar movilizaciones pasivas, activas asistidas y contra resistencia de las articulaciones que se encuentren sumergidas, favoreciendo la recuperación de patologías que implican limitación de la movilidad.

5.4. Factores hidrodinámicos

Cuando el cuerpo se encuentra sumergido y comienza a moverse genera turbulencias que dificultan su desplazamiento, debido a una diferencia de presiones, permitiendo graduar las cargas de trabajo en los distintos segmentos del cuerpo. Cuando se encuentra sumergido la totalidad del cuerpo, la resistencia al movimiento es de 900 veces mayor a la que opone el aire al mismo movimiento.

Estos factores dependen de:

- **Fuerza de cohesión molecular**, estas fuerzas son las que atraen y mantienen unidas las moléculas.
- **Tensión superficial**, dada por los efectos de las fuerzas intermoleculares que existen en la interface.
- **Viscosidad del líquido**, es la resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción.
- **La densidad del líquido**, es la relación que existe entre la masa y el volumen de un líquido.

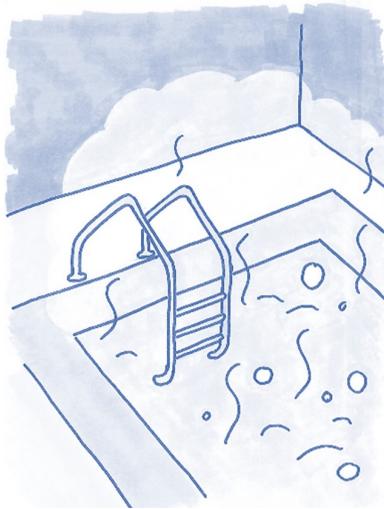
Se indica en pacientes con déficit muscular o con objetivos de potenciación muscular.

5.5. Factores hidrocinéticos

Este factor indica la utilización del agua con una presión determinada como ocurre en los chorros y duchas. En este caso, estos factores van a depender de las atmósferas de presión a la que es sometida el agua, el ángulo de incidencia sobre el cuerpo, resistencia a la misma si es subacuática, etc.

Se aprovecha en paciente con patologías circulatorias por efecto sobre el retorno venoso, o en pacientes estresados a través de un efecto masaje que se produce en el cuerpo.

5.6. Principios térmicos



Los efectos del agua también dependen de la temperatura a la que se encuentra ésta.

Estos principios térmicos están directamente relacionados con las distintas formas de propagación e intercambio de calor entre el cuerpo y la temperatura del agua; en el caso en que el agua se encuentre a una temperatura elevada, en el paciente va a producir un efecto analgésico, disminución de la rigidez articular, disminución del tono muscular y aumento de la temperatura local y general, esto se debe a una vasodilatación.

A temperaturas no muy elevadas se produce un efecto sedante; el agua caliente provoca excitación e insomnio.

Por el contrario, el agua fría a través de la vasoconstricción logra efectos analgésicos

y de relajación muscular, por lo que se indica en casos de hemiplejia o esclerosis múltiple, en procesos inflamatorios como la gota, solo bajo indicación médica.

Clasificación térmica del agua

CLASIFICACION	TEMPERATURA DEL AGUA °C
Muy fría	1-10
Fría	11-20
Fresca	21-30
Tibia	31-33
Neutra	34-36
Caliente	37-40
Muy caliente	Más de 40

5.7. Efectos fisiológicos

■ Efectos limpiadores

- A presión para retirar restos tisulares
- Agentes tensoactivos y antimicrobianos disueltos para ayudar en la limpieza

■ Efectos osteomusculares

- Reducción de la carga
- Fortalecimiento
- Efecto sobre la pérdida de densidad ósea
- Menor metabolización de grasas en comparación con otras formas de ejercicios

■ Efectos cardiovasculares

- Aumento de la circulación venosa
- Aumento del volumen cardiaco
- Aumento del gasto cardiaco
- Reducción en la frecuencia cardíaca, en la presión arterial sistólica y el consumo de O₂ en respuesta al ejercicio

■ Efectos respiratorios

- Disminución de la capacidad vital

- Aumento del trabajo respiratorio
- Reducción del asma inducida por el ejercicio
- **Efectos renales**
 - Diuresis
 - Aumento de la excreción de Na⁺ y K⁺
- **Efectos psicológicos**
 - Relajante o vigorizante, según la temperatura

5.8. Bañeras y piscinas

Bañeras de Hidromasaje	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque bien asentado, motor firmemente fijado, controlar la integridad de la bañera en forma regular. • La sala debe estar a temperatura agradable y bien ventilada (25°C a 30°C, y una humedad relativa del 50%).
	Control de Infecciones	<ul style="list-style-type: none"> • El objetivo es reducir el número de microorganismos en el entorno y la posibilidad de infección.
Piscinas de Ejercicios	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Personal entrenado • Contar con seguridad en la piscina y alrededor de ella.
	Control de Infecciones	<ul style="list-style-type: none"> • Filtrar y tratar el agua con aditivos químicos continuamente para prevenir la transmisión de infecciones.

5.9. Técnicas de aplicación de la hidroterapia



Generales

- Balneoterapia
- Baños parciales
- Balneocinesiterapia/Hidrodinesiterapia

Locales

- Compresas
- Baños calientes
- Baños de contraste
- Indicaciones
 - Rehabilitación ortopédica
 - Rehabilitación neurológica
 - En pacientes con el objetivo de mejorar la capacidad cardiorrespiratoria
 - Durante el embarazo
 - Pacientes con asma
 - Dificultades relacionadas a la edad
- Contraindicaciones
 - Presencia de maceración alrededor de la herida
 - Hemorragia
 - Inestabilidad cardíaca
 - Patologías infecciosas que pueden diseminarse por el agua

- Incontinencia intestinal
 - Epilepsia grave
 - Pacientes suicidas
- **En el caso del tratamiento de heridas con presión negativa no realizar en:**
- Tejido necrótico
 - Osteomielitis no tratada
 - Neoplasias en la herida
 - Malnutrición no tratada
 - Arterias, venas, nervios, focos anastomóticos u órganos expuestos
 - Fístulas no entéricas e inexploradas
 - Tratamiento anticoagulante
 - Hemostasia dificultosa
 - Confusión o desorientación
- **Precauciones**
- Deterioro de la sensibilidad térmica en la zona que se va a sumergir
 - Infección en la zona que se va a sumergir
 - Confusión o deterioro del nivel de conciencia
 - Injertos cutáneos recientes
 - Embarazo (en el caso de utilizar agua caliente)
 - Esclerosis múltiple (en el caso de utilizar agua caliente)
 - Regulación térmica inadecuada
 - Confusión o desorientación
 - Ingesta de alcohol
 - Fuerza, resistencia, equilibrio o ROM limitados
 - Ingesta de fármacos
 - Incontinencia urinaria

- Temor al agua
- Problemas respiratorios

5.10. Balneoterapia

La balneoterapia es un conjunto de terapias o tratamientos, que combinados, tienen como objetivo la promoción y conservación de la salud. Su nombre se debe a que se realiza en un complejo balneario.



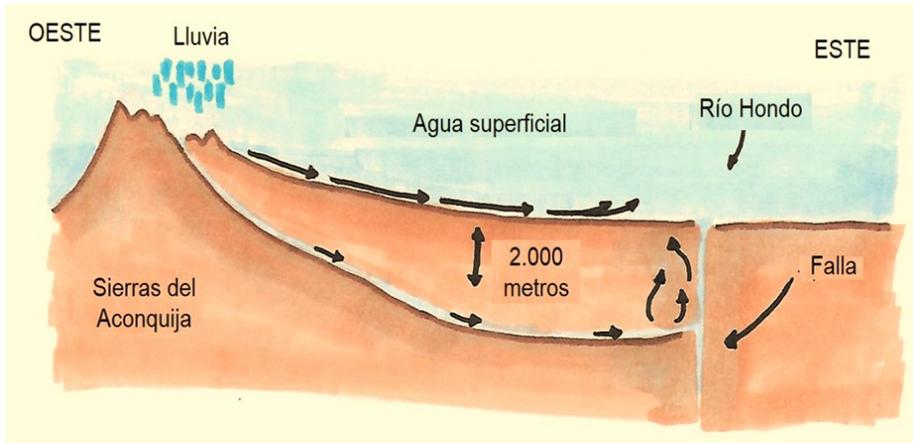
Para los tratamientos se utiliza el agua en todas sus modalidades:

- Agua de mar (talasoterapia)
- Baños con agua con cloruro
- Agua con radón
- Agua sulfatada
- Agua hidrogenocarbonatadas
- Agua sulfurosa
- Peloides terapéuticos (arcilla, arena, fango, etc.)
- Agua mineral

5.11. Termalismo

El termalismo, se entiende como la acción terapéutica de algunas aguas naturales sobre ciertas enfermedades, especialmente afecciones crónicas del aparato locomotor,

respiratorio y digestivo.



Esta imagen es la representación del origen de las aguas termales en Termas de Río Hondo, provincia de Santiago del Estero

5.12. Clasificación Aguas termales

Son aquellas aguas ricas en minerales que fluyen del suelo con 5°C más que la temperatura superficial. Estas aguas provienen de capas subterráneas de que se encuentran a mayor temperatura, son ricas en diferentes componentes minerales y se utiliza terapéuticamente en las modalidades de baños, inhalaciones, irrigaciones y calefacción.

Por lo general, se encuentran a lo largo de líneas de fallas; el agua subterránea se introduce por dichas fallas, se calientan y suben nuevamente en forma de vapor, geiser (vapor condensado en la superficie) o de agua caliente.

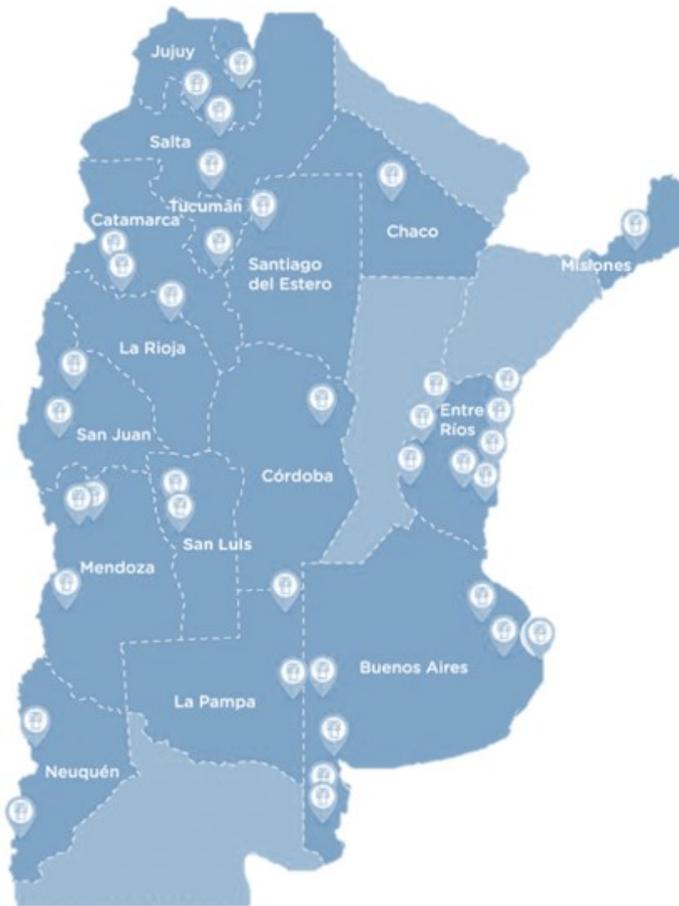
Los tipos de aguas termales se clasifican por sus componentes:

- Aguas ferruginosas
- Aguas cloruradas
- Aguas sulfuradas y sulfurosas
- Aguas sulfatadas
- Aguas bicarbonatadas

La clasificación de las aguas termales según su temperatura

CLASIFICACION	TEMPERATURA °C
Aguas frías	Menos de 20
Aguas hipotermales	20-35
Aguas mesotermales	35-45
Aguas hipertermales	45-100
Aguas supertermales	100-150

Ubicación geográfica de las aguas termales en Argentina



- ✓ Termas de Balde, en la Provincia de San Luis
- ✓ Lago Epecuen, en Carhué, Provincia de Buenos Aires
- ✓ Termas de Reyes, en la Provincia de Jujuy
- ✓ Termas de Rio Hondo, en la Provincia de Santiago del estero.
- ✓ Termas de Copahue, en la Provincia de Neuquén
- ✓ Cacheuta, Lujan de Cuyo, en la Provincia de Mendoza.
- ✓ Termas de Entre Ríos, trece complejos termales en la Provincia de Entre Ríos
- ✓ Termas de Fiambalá, Fiambalá, Provincia de Catamarca
- ✓ Termas de la Selva, en Oberá, Provincia de Misiones.
- ✓ Termas de Rosario de la Frontera, en la Provincia de Salta.
- ✓ Parque acuático termal, Monte Caseros, Provincia de Corrientes.
- ✓ Las termas descubiertas en Tapalqué, provincia de Buenos Aires, aún se encuentra sin explotación.
- ✓ Termas en la Provincia de San Juan: La Laja (Departamento Albardón), Talacasto (Departamento Ullum) y Pismanta (Departamento Iglesias).
- ✓ Termas de Santa Teresita, en el departamento Arauco, Provincia de la Rioja

5.13. ¿Qué dicen los artículos científicos?

A través de un trabajo, llevado adelante por Li D. et al. cuyo objetivo se centró en comparar el entrenamiento de caminata en cinta rodante en agua con el entrenamiento de caminata en cinta rodante en tierra después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Para esto, 60 pacientes fueron sometidos a rehabilitación después de la reconstrucción del LCA fueron asignados al azar en dos grupos, y los parámetros que se tuvieron en cuenta fueron: la fuerza muscular, que se evaluó utilizando la relación entre el torque máximo y el peso corporal (PT/BW) antes y después de 3 semanas de entrenamiento.

Al momento de la evaluación posterior al tratamiento, ambos grupos mostraron que los parámetros habían aumentado en relación a la evaluación previa al tratamiento. Los músculos extensores de la rodilla afectada, que fueron evaluados según los parámetros establecidos, tuvieron una mejor evolución en el tratamiento con la cinta de caminar adentro del agua, que aquellos que la hicieron afuera del agua, pero no

se observaron diferencias significativas en la relación PT/BW, el índice de equilibrio de una sola pierna y el índice límite de estabilidad de los músculos flexores de la rodilla a diferentes velocidades angulares entre los dos grupos.

Por lo cual, los resultados sugieren que el ejercicio de caminata en el agua podría conducir a mayores mejoras en la fuerza de los músculos extensores, la propiocepción y el rendimiento de la rodilla en comparación con el entrenamiento en tierra después de la reconstrucción del LCA.

La balneoterapia parece mejorar la calidad de vida de los pacientes con artritis reumatoidea. Esto es debido a los resultados mostrados en los estudios realizados por Fernandez-Gonzalez M. et al., pues en todos ellos los puntajes en cuanto a la calidad de vida mejoraron después del tratamiento de balneoterapia.

A pesar de ser beneficiosa, la balneoterapia, debe continuar con el proceso de ser investigada. Por lo tanto, es necesario realizar investigaciones de campo para esclarecer la incertidumbre que aún existen sobre la eficacia del tratamiento, como determinar el tipo de agua mineral que es más beneficiosa para la artritis reumatoide, no solo en términos de calidad de vida, sino también con respecto al dolor o la funcionalidad, además, para determinar la mejor forma de balneoterapia para pacientes con artritis reumatoide, seleccionando entre baños de aguas minerales versus barro o arena.

5.14. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4^o Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Fernandez-Gonzalez M.; Fernandez-Lao C.; Martin-Martin L.; Gonzalez-Santos A.; Lopez-Garzon M.; Ortiz-Comino L.; & Lozano-Lozano M. (2021) Therapeutic Benefits of Balneotherapy on Quality of Life of Patients with Rheumatoid Arthritis: A Systematic Review. Environmental Research and Public Health. 18, 13216. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413216>

Li D.; Zhang Q.; Liu X.; Chen C.; Lu J.; Ye D.; Li Y.; Wang W. & Shen M. (2021). Effect of water-based walking exercise on rehabilitation of patients following ACL reconstruction: a prospective, randomised, single-blind clinical trial. *Physiotherapy*. 01.:18-26. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2021.11.003>

Plaja J. (1998). *Guía práctica de electroterapia*. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) *Electroterapia en fisioterapia*. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2^o Edición

Regresar al Sumario

6. TERMOTERAPIA. CRIOTERAPIA. BAÑOS DE CONTRASTE

6.1. Terapia con agentes térmicos

Los termo-receptores, son los responsables de captar los cambios de temperatura en el organismo, y de esta forma, a través del sistema nervioso enviar a la corteza cerebral. Éstos receptores son:

Corpúsculos de Ruffini. Son receptores sensoriales situados en la piel, perciben los cambios de temperatura relacionados con el calor y registran su estiramiento. Identifican la deformación continua de la piel y tejidos profundos. Son especialmente sensibles a estas variaciones y se encuentran en la dermis profunda.

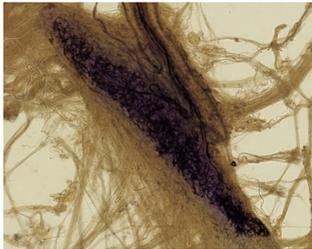
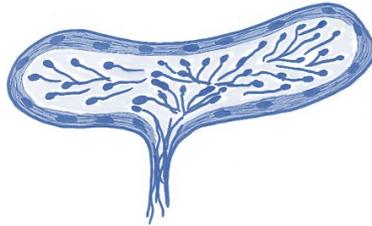


Imagen tomada por Ruffini



Esquema del Corpúsculo de Ruffini

Corpúsculos de Krause. Son bulbos encapsulados, su función principal es registrar la sensación de frío, fenómeno que se produce cuando se entra en contacto con un cuerpo o un espacio que está a menor temperatura que nuestro cuerpo. La sensibilidad es variable según la región de la piel que se considere.

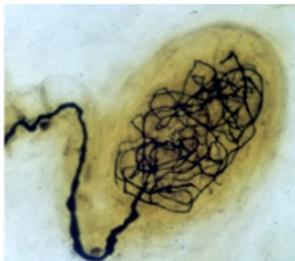
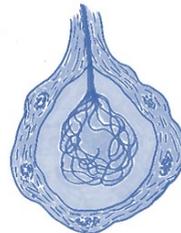


Imagen histológica del corpúsculo de Krause



Esquema del corpúsculo de Krause

6.2. Termoterapia

El calor se define como la energía que se manifiesta por el aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías.

Los movimientos vibratorios de los átomos y las moléculas que forman los cuerpos, son los responsables de elevar la temperatura de las estructuras.

Los materiales reaccionarán de diferente manera ante este proceso, determinado por su calor específico, el cual se refiere a la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un peso determinado de un material un número concreto de grados, lo cual podemos expresarlo de la siguiente manera:

$$J/g/C^{\circ} \text{ (Julios por gramo por grado centígrado)}$$

CALOR ESPECÍFICO ELEVADO	CALOR ESPECÍFICO BAJO
<ul style="list-style-type: none">• Necesita mayor energía para una temperatura determinada• Mantiene más energía a una temperatura concreta	<ul style="list-style-type: none">• Necesita menor energía para una temperatura determinada• Mantiene menos energía a una temperatura concreta

Todos los materiales poseen calor específico, por ejemplo:

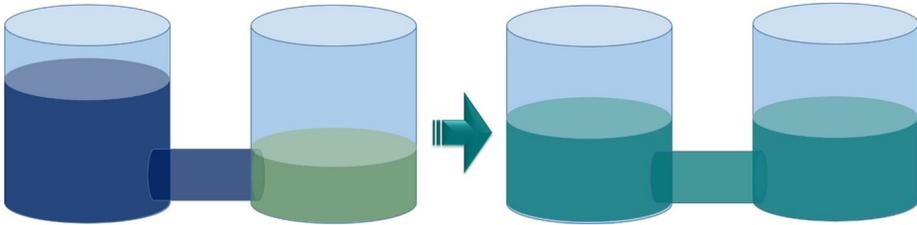
MATERIAL	J/g/°C
Agua	4,19
Aire	1,01
Cuerpo Humano (Media)	3,56
Piel	3,77
Músculo	3,75
Grasa	2,30
Hueso	1,59

6.3. Mecanismos de transferencia del calor

Existen diversos mecanismos por los cuales se puede transferir el calor, en este caso al cuerpo humano. La conducción, convección, conversión y radiación son los responsables.

Conducción

Es el intercambio de energía por colisión directa entre moléculas de dos materiales a diferentes temperaturas. La velocidad de transferencia del calor depende de su conductividad térmica y el área de contacto.



La transferencia de calor se produce siempre que existe un gradiente térmico (uno con una temperatura mayor que el otro) o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto. El gráfico es a modo simbólico, suponiendo que en el lado derecho encontramos dos recipientes con una diferencia de concentración y en el izquierdo se encuentra el resultado del equilibrio logrado de ese nivel de concentración.

Para determinar dicha velocidad de transferencia nos podemos valer de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{área de contacto} \times \text{conductividad térmica} \times \text{diferencia de temperatura}}{\text{grosor del tejido}}$$



En conclusión:

- A mayor diferencia entre la temperatura del agente de calentamiento y la parte del cuerpo sobre la que se aplica, más rápido es el ritmo de transferencia de calor.
- Materiales con conductividad térmica elevada transfieren el calor más rápidamente.
- Cuanto más extensa sea el área de contacto entre el agente térmico y el paciente, mayor será la transferencia total de calor.
- El ritmo de aumento de la temperatura disminuye en proporción al grosor del tejido.

En el siguiente cuadro se dan algunos ejemplos de la conductividad térmica según el material.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA (cal/s)/(cm ² x °C/cm)
Plata	1,01
Aluminio	0,50
Hielo	0,005
Agua a 20°C	0,0014
Hueso	0,0011
Músculo	0,0011
Grasa	0,0005

Convección

Es el resultado del contacto directo entre un medio circulante y otro material con diferente temperatura. *Por ejemplo, la bañera de hidromasaje, donde el agua circulante tiene una temperatura mayor que el cuerpo que se encuentra dentro de la misma.*



Conversión

Es la conversión, como su nombre lo indica, transformación de una forma de energía no térmica (mecánica, eléctrica o química) en calor.



Presenta las siguientes características:

- El calentamiento no se ve afectado por la temperatura del agente térmico.
- El ritmo de transferencia de calor depende de la potencia de energía
- El ritmo de aumento de la temperatura del tejido depende:
 - De la dimensión del área a tratar
 - Tamaño del aplicador
 - Eficacia de la transmisión desde el aplicador al paciente
 - Tipo de tejido a tratar
- No exige el contacto directo entre el agente térmico y el paciente
- Pueden tener otros efectos no térmicos

Radiación

Implica la transferencia directa de energía desde un material con una temperatura más elevada a otro con una temperatura inferior sin necesidad de que haya contacto o la intervención de un medio de transmisión.



6.4. Efectos fisiológicos del aumento de la temperatura

* A nivel hemodinámico.

Produce una vasodilatación con el consecuente aumento del flujo sanguíneo. Este efecto se puede observar en los agentes térmicos superficiales a nivel cutáneo. Michelle H. Cameron afirma en su libro “Agentes Físicos en Rehabilitación”, “...la termoterapia puede causar vasodilatación por diferentes mecanismos, como la activación directa refleja del músculo liso de los vasos sanguíneos por parte de los termo receptores cutáneos, la activación indirecta de reflejos medulares locales por parte de los termo receptores cutáneos o mediante la liberación local de reguladores químicos de la inflamación. . .”.

* A nivel neuromuscular.

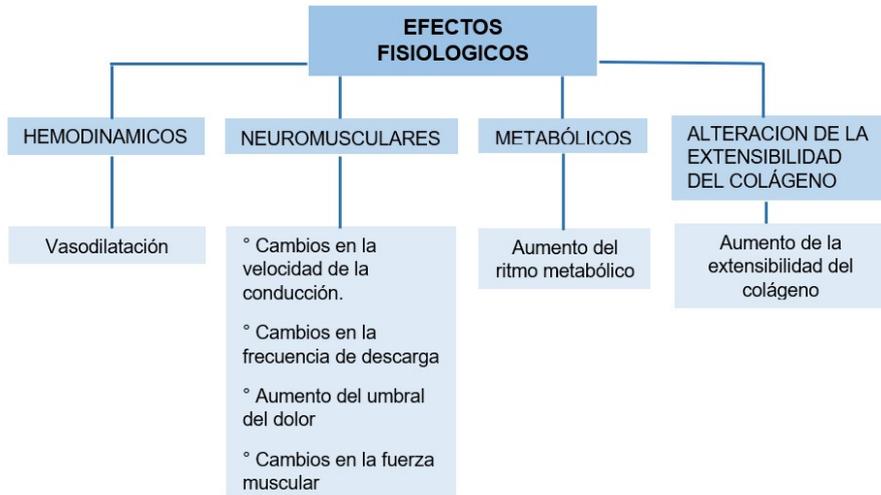
Provocan cambios en la velocidad de conducción nerviosa. Un incremento de la temperatura aumenta la velocidad de conducción, a la vez que disminuye la latencia (tiempo que tarda un impulso en atravesar una longitud medida del nervio) de transmisión de los impulsos en los nervios sensitivos y motores. En lo que respecta al dolor, provoca un aumento del umbral, esto se explicaría por una reducción directa e inmediata del dolor por la activación del mecanismo de la compuerta de control medular y una posterior reducción indirecta y más prolongada del dolor por una disminución de la isquemia y del espasmo muscular. Se ha observado disminución tanto en la fuerza como en la resistencia muscular. Autores afirman que la disminución inicial en la fuerza muscular es el resultado de cambios en la frecuencia de descarga de las fibras tipo II y de las neuronas gamma que llegan al huso y de las fibras tipo I b procedentes de los órganos tendinosos de Golgi causados por el calentamiento de los nervios motores.

* A nivel metabólico.

La tasa de reacciones químicas endotérmicas, como el ritmo de las reacciones biológicas enzimáticas se ven aumentadas por el calor. Michelle H. Cameron sostiene que se ha observado un aumento de la actividad enzimática en tejidos a temperaturas de entre 39°C y 43°C, con aumentos del ritmo de reacción de aproximadamente un 13 % por cada 1°C de aumento de la temperatura y de un 100 % por cada 10°C.

* Alteración de la extensibilidad de los tejidos.

Cuando se calientan las partes blandas antes de estirarlas, mantienen un incremento mayor en su longitud después de que se haya aplicado la fuerza de estiramiento, se requiere menos fuerza para conseguir el aumento en longitud y el riesgo de desgarro en el tejido es menor.



6.5. Acción terapéutica

* Control del dolor.

Este efecto terapéutico puede estar regulado por el bloqueo de la transmisión del dolor a través de la activación de los termo receptores cutáneos o puede ser el resultado indirecto de la mejoría del proceso de cicatrización, de la disminución del espasmo muscular o de la reducción de la isquemia.

* Aumento del arco de movilidad.

Se basa en el efecto biológico de la extensibilidad de los tejidos como consecuencia del aumento de la temperatura de partes blandas, lo que contribuye al aumento del arco de movimiento en articulaciones restringidas por el acortamiento de partes blandas.

* Disminución de la rigidez.

Los mecanismos propuestos por los cuales se explica este efecto son: el aumento de la extensibilidad y la visco elasticidad de las estructuras peri articulares, incluyendo la cápsula articular y los ligamentos circundantes.

* Aceleración de la cicatrización.

Esto se logra aumentando la circulación y el ritmo de actividad enzimática y aumentando la disponibilidad de oxígeno para los tejidos. Sería como cuando se realiza la construcción de un edificio (proceso de cicatrización), los camiones (sangre) llevando material y mano de obra a dicha construcción (nutrientes y oxígeno), al

cabo de un tiempo llega un nuevo camión con más material y mano de obra con el fin de reponer lo ya utilizado y retirar los desechos de dicha construcción, de esta forma actuaría el calor al aumentar la circulación sanguínea.

*** En la psoriasis.**

Hay autores que aseguran que el aumento de temperatura de la capa más superficial de la epidermis y la dermis en la zona de las placas psoriásicas, producido por la radiación infrarroja, es el causante de la reducción de las mismas. Esto fue observado en algunas personas expuestas a estas radiaciones.

Ejemplos de aplicación de calor superficial



Baños de parafina



Bolsa de agua caliente



Radiación infrarroja

6.6. Contraindicaciones

Una vez establecidas las indicaciones, basadas en los efectos biológicos, debemos tener especial cuidado, siempre haciendo una valoración del paciente y un extenso interrogatorio.

*** Hemorragia reciente o potencial.**

Debido a que el calor produce vasodilatación con el consecuente aumento del flujo sanguíneo.

*** Tromboflebitis.**

Por el mismo principio que está contraindicado en las hemorragias, ya que la vasodilatación y el aumento del flujo sanguíneo puede provocar que un trombo o un coágulo se desprenda desde la zona de tratamiento a los vasos de los órganos vitales, tales como el cerebro o el corazón con posibles efectos fatales.

*** Deterioro de la sensibilidad o alteración mental.**

Un paciente que no puede sentir o expresar la sensación de calor puede quemarse

fácilmente antes de que el fisioterapeuta se dé cuenta del problema.

*** Tumor maligno.**

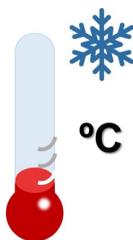
Debido a la capacidad que posee la vasodilatación con el consecuente aumento del riego sanguíneo, la termoterapia puede aumentar el ritmo de crecimiento de una metástasis o de un tejido maligno, además recordemos que el calor produce un aumento del ritmo metabólico.

*** Irradiación infrarroja en los ojos.**

La córnea transmite los rayos infrarrojos de entre 700 y 1.300 nm, el humor acuoso transmite la mayoría de la radiación infrarroja y absorbe una pequeña cantidad, el cristalino absorbe una pequeña pero significativa cantidad de esta radiación, al igual que el humor vítreo, el resto se dirige hacia la retina. Por estas características es que debemos resguardar la salud visual, tanto del paciente como del fisioterapeuta mediante gafas opacas.

6.7. Crioterapia

La crioterapia, es la utilización del frío como agente terapéutico. Si bien su aplicación en medicina es amplia, sólo nos concentraremos a nivel terapéutico. Como fisioterapeutas debemos conocer los efectos fisiológicos para determinar así sus posibles aplicaciones.



6.8. Efectos fisiológicos

*** A nivel hemodinámico.**

Uno de los efectos más marcados e inmediatos del frío es la vasoconstricción, con la consecuente disminución del flujo sanguíneo. Esto se produce por la disminución en la liberación de histamina y prostaglandinas (vasodilatadores), sumado a la estimulación de los termo receptores cutáneos que provocan la contracción del músculo liso de la pared de los vasos.

Cuando el tiempo de contacto con el frío se prolonga, el organismo trata de evitar

la pérdida de temperatura para proteger órganos vitales; como resultado induce a una vasodilatación refleja (estudiado por Lewis en 1.930). El tiempo sugerido por la mayoría de los autores, va desde los 10 hasta los 30 minutos.

*** A nivel neuromusculares.**

Provoca una disminución de la velocidad de conducción nerviosa, Michelle H. Cameron describe cómo ha logrado documentar la disminución de la velocidad de conducción nerviosa en respuesta a la aplicación de un agente de enfriamiento superficial sobre la piel durante 5 minutos, el cual se revierte totalmente a los 15 minutos (siempre hablando sobre personas que no tienen ningún tipo de alteración circulatoria ni nerviosa).

*** Aumento del umbral del dolor.**

Al estimular los receptores cutáneos del frío pueden proporcionar sensaciones para bloquear total o parcialmente la transmisión de impulsos dolorosos a la corteza cerebral, esto aumentaría el umbral con la consecuente disminución del dolor.

*** Alteración de la fuerza muscular.**

El frío produce la excitabilidad de los nervios motores y un aumento de la motivación psicológica para el rendimiento.

*** Disminución de la espasticidad.**

En este caso, diversos autores describen dos mecanismos para llegar a este objetivo, por una parte se produce una disminución de la actividad de las motoneuronas gamma, y posteriormente, una disminución de la actividad aferente del huso y del órgano tendinoso de Golgi.

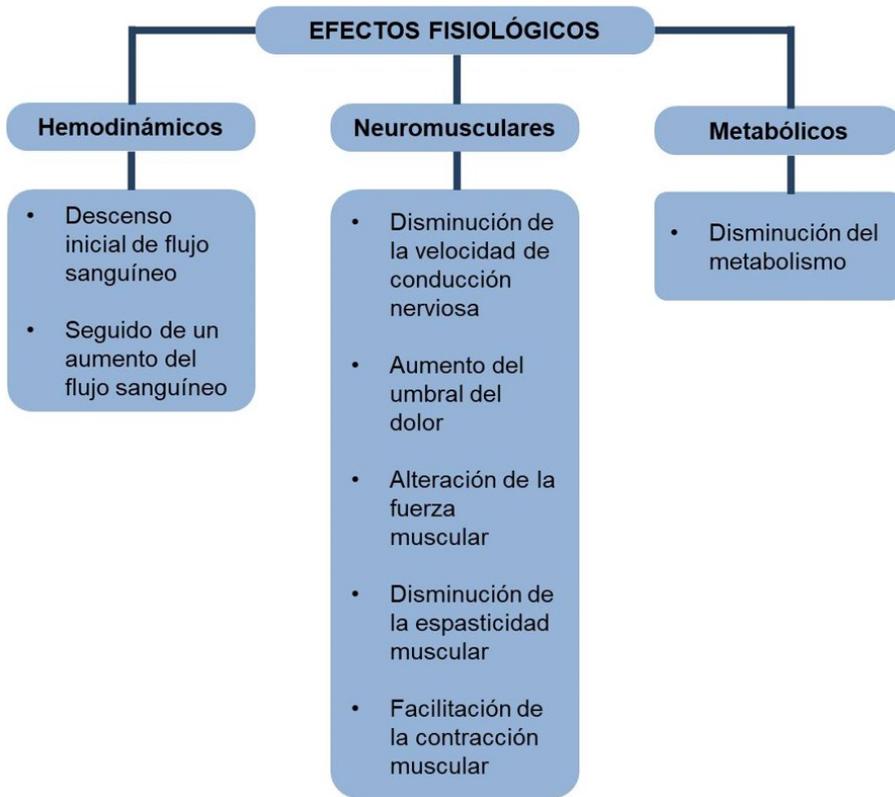
Estas reacciones están dadas por la disminución de la actividad de las motoneuronas gamma como un reflejo a la estimulación de los receptores cutáneos del frío.

*** Facilitación de la contracción muscular.**

En este caso, a diferencia del ítem anterior, se obtiene con pocos segundos de aplicación de frío, en caso de prologarse este estímulo caemos en una disminución de la fuerza.

*** Disminución del metabolismo.**

Se aplica en casos agudos, está comprobado que en casos crónicos puede alterar la recuperación, retrasando el proceso de cicatrización.



Sensaciones al aplicar crioterapia

Por lo general, en los pacientes se manifiesta de igual forma, siempre y cuando no haya una alteración en la percepción del frío. El paciente, al comienzo, sentirá un frío intenso, seguido de una sensación de quemazón, luego dolor, hasta la aparición de la analgesia terminando en un entumecimiento.

6.9. Modos de aplicación

- Bolsas de hielo
- Masaje con hielo
- U.C.F.C. (Unidad de compresión fría controlada)
- Pulverizadores de crioevaporación y congelación breve



Bolsa de agua fría



Hielo



Crio aerosol

6.10. Indicaciones y Contraindicaciones

INDICACIONES

- Control de la inflamación
- Control del edema
- Control del dolor
- Modificación de la espasticidad
- Tratamiento de los síntomas de la esclerosis múltiple
- Facilitación
- Criocinética y crioestimulación

CONTRAINDICACIONES

- Hipersensibilidad al frío
- Intolerancia al frío
- Crioglobulinemia
- Hemoglobinuria paroxística por frío
- Enfermedad de Raynaud
- Nervios periféricos en regeneración
- Mala circulación o vasculopatía periférica

6.11. Baños de contraste

Los denominados baños de contraste, es una terapia que consiste en la alternancia de la aplicación de la termoterapia con la crioterapia, de esta forma se logra la disminución, tanto de dolores como de edemas. La base de este tratamiento está fundada en estimular el proceso inflamatorio natural del organismo.



6.12. Técnica de aplicación

Esta técnica consiste en aplicar contrastes térmicos de la siguiente manera:

- Calor. El calor no debe superar los 39° a 40° C. Lo que se busca es lograr una hiperemia local en la región a tratar, esta aplicación se realiza por un lapso de cinco minutos.
- Frío. La recomendación es que la temperatura en este caso no sea menor a 12°C para evitar el cambio brusco de temperatura, si así sucediera podría agudizar el dolor. Aplicarlo por cinco minutos, inmediatamente después de aplicado el calor.
- Calor. Una vez pasado los cinco minutos de frío, se vuelve a aplicar el calor por otros cinco minutos más.

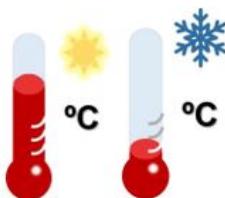
Recomendaciones

El tratamiento aplicado, en este caso, tiene una duración de 15 minutos; es recomendable utilizar agua en recipientes en los cuales quepan las zonas a tratar en forma cómoda. Una vez finalizado el tratamiento es preferible acompañarlo con el reposo, indicarlo antes de dormir es una opción a tener presente.



6.13. Crioterapia vs. Termoterapia

El cuadro comparativo es simplemente para tener una visión general de los efectos tanto de la crioterapia como la termoterapia, puesto que la aplicación queda a criterio del fisioterapeuta según el caso y el paciente al que se debe tratar.



EFECTO	CRIOterapiA	TERMOTERAPIA
DOLOR	↓	↓
ESPASMO MUSCULAR	↓	↓
FLUJO SANGUINEO	↓	↑
FORMACION DE EDEMA	↓	↑
VELOCIDAD DE CONDUCCION NERVIOSA	↓	↑
METABOLISMO	↓	↑
EXTENSIBILIDAD DEL COLÁGENO	↓	↑
RIGIDEZ ARTICULAR	↑	↓
ESPASTICIDAD	↓	-

6.14. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Guyton A. C.; Hall J. E. (2016) Tratado de fisiología médica. España 13º edición. Ed. Elsevier.

Moreno C.; Prada D. (2004) Fisiopatología del dolor clínico. Bogotá, Colombia. Asociación Colombiana de Neurología

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Rouvière, H.; Delmas, A. (1998) Anatomía humana Tomo I, tomo II y tomo III. Barcelona, España. 9º edición. Ed. Masson.

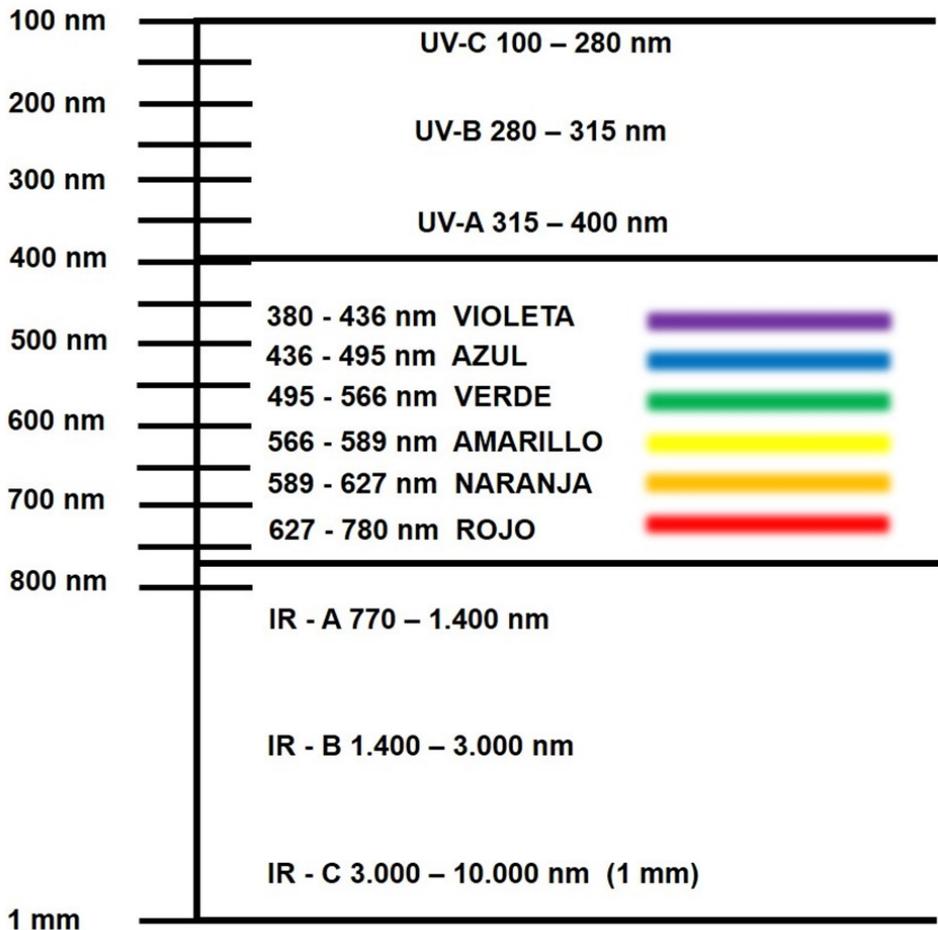
Wall P.; Melzack R. (2007) Tratado del dolor 5º Edición Versión en español. Ed. Elsevier.

Regresar al Sumario

7. FOTOTERAPIA, RADIACIONES INFRA-ROJAS Y ULTRAVIOLETAS

7.1. Fototerapia

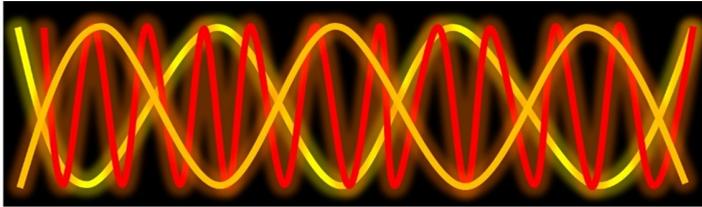
Para comenzar con el tema debemos entender que las ondas tienen distintas longitudes, las cuales sirven para clasificarlas.



Tener en claro que la energía de una radiación es directamente proporcional a su frecuencia, y ésta inversamente proporcional a su longitud de onda. Pasando en claro **UNA RADIACIÓN PROPORCIONARÁ MAYOR ENERGÍA CUANTO MAYOR SEA SU FRECUENCIA, Y MENOR SEA SU LONGITUD DE ONDA.**

La fototerapia se define como la utilización de la luz, tanto visible como no visible, con fines preventivos y terapéuticos.

La radiación es una forma de energía que se transmite a través del espacio, sin necesidad de estar en contacto el emisor con el receptor, tampoco precisa la presencia de un conductor, incluso con la posibilidad de ser transmitida en el vacío. Se encuentra formada por fotones.



Los fotones son paquetes de ondas que transmiten un campo electromagnético, emitidos por cuerpos luminosos que se propagan en todas direcciones transportando energía, la cual va a depender de la frecuencia y la longitud de onda.

La siguiente es la fórmula que determina la energía que transmite una radiación electromagnética:

$$E = h \times v = h \times c / \lambda$$

E = Intensidad de energía

h = Constante de Planck = 6.62×10^{-34}

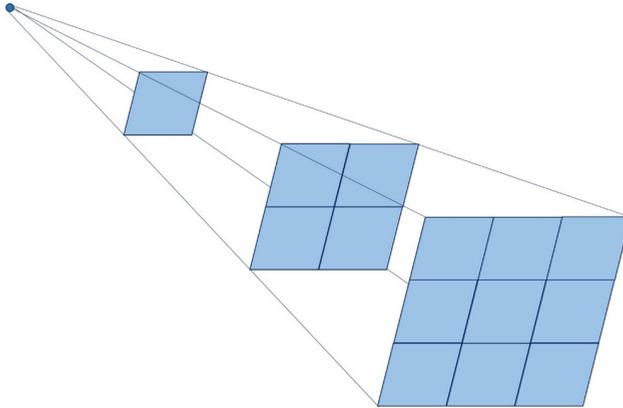
v = Frecuencia del fotón

c = Velocidad de la luz = 3×10^8 m/seg

λ = Longitud de onda

7.2. Leyes físicas de las radiaciones

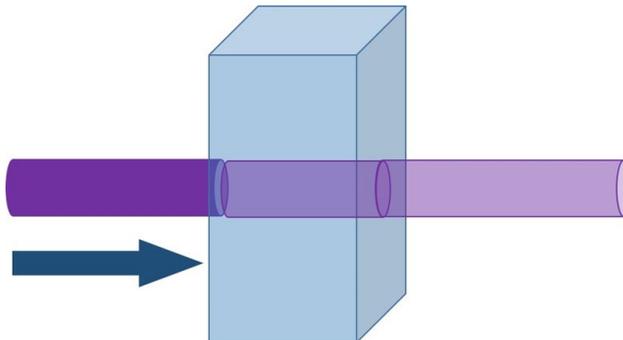
7.2.1. Ley de la inversa al cuadrado



Dado que la luz ambiental está formada por distintas longitudes de onda, provocará que los rayos se separen unos de otros en su avance, de forma que la densidad de los rayos por unidad de superficie disminuye (decrece la densidad de energía), por lo tanto, la potencia de la luz ambiental recibida en la unidad de superficie disminuye de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa al objeto del origen de la luz.

$$W \text{ recibida} = \frac{W \text{ de origen}}{\text{Distancia}^2} \qquad 250 \text{ W} = \frac{1000 \text{ W}}{2 \text{ m}^2}$$

7.2.2. Ley de Lambert-Beer de absorción



La luz que llega a una superficie, no toda es absorbida, sino que depende de las características propias de la materia que compone la superficie receptora y del objeto para que sean absorbidos distintos porcentajes de la intensidad aplicada. Esta ley relaciona la intensidad de la luz entrante en un medio con la intensidad saliente, después de que en dicho medio se produzca la absorción.

$$A = E \times C \times I$$

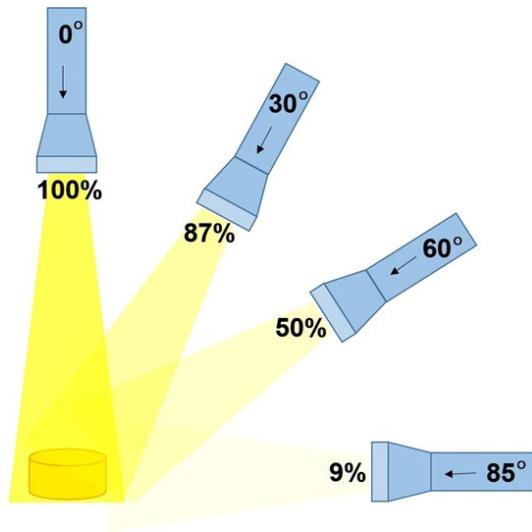
A : Absorbancia

E : Coeficiente de extinción (característica de cada compuesto)

C : Concentración del compuesto

I : Grosor de la disolución que atraviesa la radiación

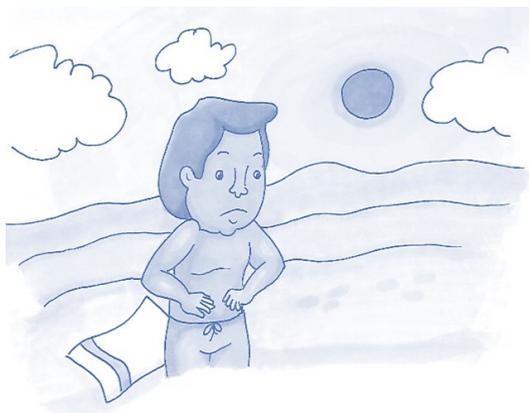
7.2.3. Ley de Lambert o del Coseno



La intensidad de la radiación que llega a una superficie es proporcional al coseno del ángulo formado por dicha superficie y la dirección de la radiación.

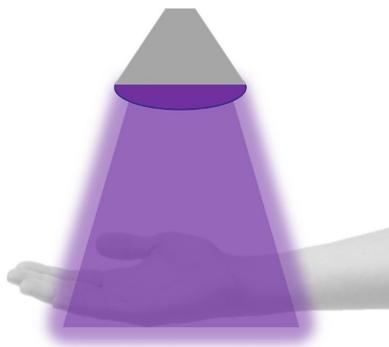
Cuanto más perpendicular incide el rayo, mayor será su intensidad. Entendiendo esta ley, podemos utilizar otra forma de graduar la intensidad de la radiación.

7.2.4. Ley de Grotthus-Draper



También conocida como primera ley o principio de la activación fotoquímica, establece que solamente la luz absorbida por una sustancia es capaz de producir un cambio del tipo fotoquímico.

7.2.5. Ley de Brunsen Roscoe



Las acciones biológicas producidas por las radiaciones dependen de la intensidad y del tiempo de exposición de las radiaciones, es decir, dependen de su dosificación.

El producto de la intensidad por el tiempo aplicado es constante. Si aumenta la intensidad tendremos que disminuir el tiempo para producir el mismo efecto.

Ejemplo con 20 Julios:

$$20 \text{ J} = 4 \text{ W} \times 5 \text{ segundos}$$

$$20 \text{ J} = 20 \text{ W} \times 1 \text{ segundo}$$

$$20 \text{ J} = 1 \text{ W} \times 20 \text{ segundos}$$

Teniendo conocimiento de las leyes antes mencionadas, nos será útil para realizar un plan terapéutico según los objetivos planteados.

Cuadro resumen:

LEYES	OBJETIVOS
LEY DE LA INVERSA AL CUADRADO	Nos determinará la distancia lámpara-paciente
LEY DE LAMBERT-BEER O ABSORCION	Nos indicará cuánta energía absorberá el tejido irradiado
LEY DE LAMBERT	Según ubiquemos la fuente de energía con respecto al tejido tratado, será la dirección de sus rayos (cuanto más perpendicular, mayor energía recibida)
LEY DE GROTHUS DRAPER	Se producirá un efecto fotoquímico en el tejido que haya tenido la capacidad de absorber la energía
LEY DE BUNSEN ROSCOE	Determinar el tiempo y la intensidad de la aplicación nos brindara el efecto deseado

7.3. Radiaciones infrarrojas

Las emisiones de radiaciones infrarrojas se establecen dentro de la banda del espectro que abarca desde los 770 nm hasta los 10.000nm; llegando con fines terapéuticos solo hasta los 1.500 nm, utilizando su efecto térmico como tratamiento.



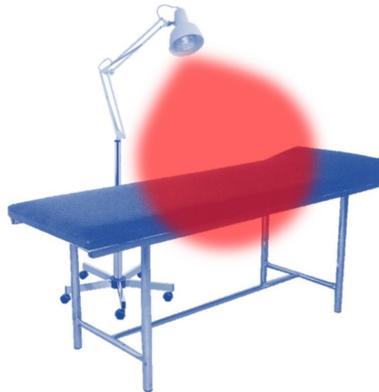
Generadores de rayos infrarrojos

La aplicación de la termoterapia, en este caso, se realiza a través de las lámparas, cuya longitud de onda rondan los 1.000 nm. Cabe aclarar que la potencia de irradiación no es lo mismo que la potencia de energía consumida. Una lámpara de 250 W dispersa más el calor que una lámpara de 150 W. Esto sucede por el cono del bulbo (Lente de Fresnel).

7.3.1. Efectos fisiológicos

- **Hipertermia local:** produce una vasodilatación local primeramente, seguida por una vasodilatación profunda y sudoración.
- **Antiinflamatorio:** esto genera una activación del metabolismo, aceleración de los intercambios iónicos y favorece todos los procesos celulares.
- **Hiperemia:** el aumento de riego sanguíneo y linfático. Esto contribuye al lavado de residuos acumulados, procedentes del metabolismo y aporte de nuevas sustancias nutritivas y reequilibrio iónico debido al proceso patológico.
- **Analgésico:** la percepción agradable de calor desencadena en el sistema neurovegetativo del paciente la activación del parasimpático, que conduce a sopor, relajación y secreción de neurotransmisores inhibidores de los diversos dolores y relajación muscular.

7.3.2. Técnicas de irradiación



- Situar al paciente en una posición cómoda.

- Despejar la zona de objetos metálicos (collar, anillos, etc.)
- Liberar la zona a tratar y limpiarla de sustancias que puedan impedir la absorción de los rayos.
- Determinar la distancia lámpara-paciente, aproximadamente entre 45 a 60 cm.
- La zona a tratar debe estar perpendicular al rayo de la lámpara infrarroja.
- Preguntar permanentemente sobre la percepción térmica sentida.

Niveles de sensibilidad establecidos

- Liminal
- Supraliminal
- Nivel de tolerancia

Para los cuales se estableces la siguientes dosis:

Dosis I o leve	Apenas perceptible
Dosis II o moderada	Perceptible y agradable
Dosis III o intensa	Soportable, llegando a desagradable
Dosis IV o intolerable	Insoporable llegando al dolor

7.3.3. Indicaciones, contraindicaciones y precauciones

INDICACIONES

- Procesos artrósicos en articulaciones no profundas.
- Contracturas musculares
- Dolores de origen bioquímico
- Úlceras por decúbito
- Déficit circulatorios superficiales
- Déficit metabólicos locales y superficiales

- Tendinitis, teno sinovitis, capsulitis y esguinces en procesos subagudos y crónicos
- Alteraciones dermatológicas debidas a déficit circulatorio
- En derrames articulares persistentes y densos

CONTRAINDICACIONES

- Heridas sangrantes o purulentas
- En inflamaciones agudas
- En pacientes febriles
- En parálisis periféricas totales y severas (insensibilidad térmica)
- En cicatrices queloides
- En derrames intra articulares e intratisulares recientes
- En edemas importantes
- En tromboflebitis
- En varices dilatadas
- En procesos cancerígenos
- En procesos infecciosos que puedan evacuar hacia cavidades
- En procesos tuberculosos activos y otras infecciones en tejidos profundos que puedan sufrir reactivación

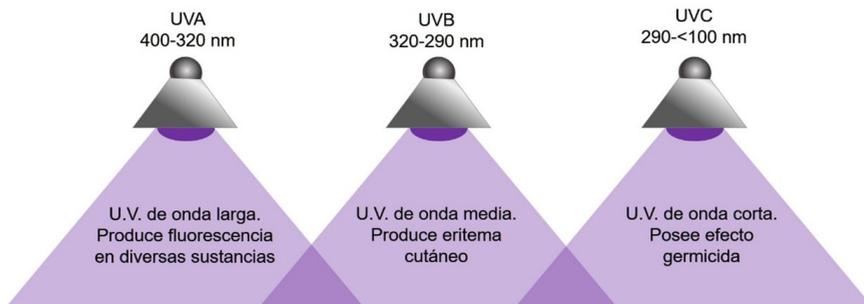
PRECAUCIONES

- Eliminar pomadas u otras sustancias extendidas sobre la piel
- Evitar que el paciente dirija la mirada directamente a la lámpara, en caso de ser necesario utilizar gafas protectoras
- Controlar que la temperatura general del paciente no aumente
- Precaución al aplicar sobre zonas en que la osteosíntesis se localice a milímetros de profundidad
- Várices en primer estadio
- Heridas en proceso de cicatrización que puedan sangrar o evacuar otros exudados

- En pacientes sometidos a medicación anticoagulantes y en presencia de úlceras o heridas en proceso de cicatrización
- Hemofilia
- En pacientes con insuficiencia cardiorrespiratoria
- En procesos que cursen con edema importante
- En denervaciones o parálisis parciales por su baja respuesta neurovegetativa
- Ciertas alteraciones de la piel que deben someterse a la consideración del médico especialista en dermatología
- Ante viejos procesos tuberculosos

7.4. Radiaciones ultravioletas

Es una radiación electromagnética con un rango de frecuencia entre $7,5 * 10^{14}$ y más de $10^{15} Hz$, con longitudes de onda entre los 400 nm hasta menos de 290 nm. Esta radiación se encuentra entre los rayos X y la luz visible. Su efecto fotoquímico será el utilizado con fines terapéuticos.



Como en el caso de las radiaciones infrarrojas, la efectividad de las ultravioletas depende de la potencia de la lámpara, distancia al paciente y la perpendicularidad de dicha radiación sobre la piel.

La profundidad de penetración está dada por:

- Intensidad más alta
- Longitud de onda más larga
- Frecuencia más baja

Estas características las encontramos en las radiaciones ultravioletas del tipo A, una piel oscura o gruesa pueden limitar la penetración de éstas.

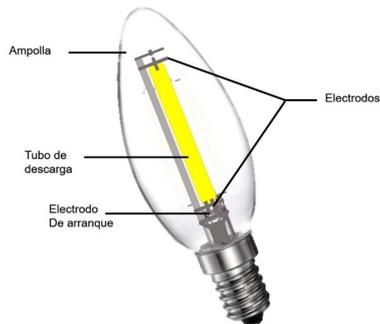
Lámparas generadoras de radiación ultravioleta

Las lámparas normalmente emiten radiación ultravioleta del tipo A de amplio espectro con longitudes de onda que van de 320 a 400 nm; radiación ultravioleta del tipo B cuya longitud de onda ronda entre los 250 a 320 nm (banda ancha) y de 311 a 312 nm (banda estrecha); radiación ultravioleta del tipo C con longitud de onda que va de 200 a 250 nm. La vida útil de estas lámparas, se encuentra entre las 500 a 1000 horas, con una depresión en la emisión del 20 %.

Existen dos tipos de lámparas:

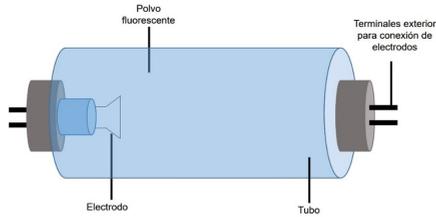
Lámparas de arco

Es un tipo de lámpara que emite luz producida por un arco eléctrico, también llamado arco voltaico. Está formada por dos electrodos, normalmente de Wolframio, se encuentra separado por un gas. Las lámparas se denominan según el gas contenido en el bulbo: a) neón; b) argón; c) kriptón; d) sodio; e) haluro metálico y mercurio.



Lámparas fluorescentes

Son de mayor tamaño y emiten radiación de mayor intensidad en el centro en comparación con los extremos. No son recomendables para la aplicación terapéutica de radiación ultravioleta, debido a la variabilidad de la intensidad de la emisión a lo largo de la longitud del tubo.

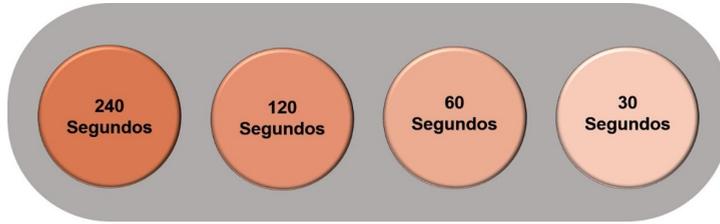


7.4.1. Efectos fisiológicos

- Eritema: es un enrojecimiento de la piel como consecuencia de la dilatación de los vasos sanguíneos principales, esto es debido a la liberación de histamina.
- Bronceado: es una pigmentación diferida de la piel como respuesta a la radiación ultravioleta.
- Hiperplasia epidérmica: engrosamiento de la capa superficial de la piel, aproximadamente 72 hs. después de la exposición.
- Síntesis de vitamina D: favorece la conversión de la provitamina D, ingerida en los alimentos, en vitamina D.
- Bactericida: la radiación ultravioleta del tipo C, puede ser bactericida a dosis adecuadas, es utilizada para tal fin en los alimentos.
- Otros efectos: afecta al sistema inmunitario, cambia la distribución de los linfocitos circulantes y suprime la formación de habón, que es una pápula de contenido blando (edematoso), generalmente pruriginosa, cuya curación no deja secuela, mediada por los mastocitos.

7.4.2. Dosis eritema mínima (D.E.M)

Esta técnica se utiliza para determinar el tiempo de exposición a la radiación ultravioleta para el tratamiento terapéutico. Consiste en colocar una cartulina, con cuatro orificios cubiertos, sobre la piel del paciente, con la precaución de cubrir el resto de la zona para evitar que la radiación llegue a tomar contacto con áreas fuera del test, con la lámpara dirigida a la cartulina, a una distancia entre 60 u 80 cm. comenzamos por descubrir el primer orificio, al cabo de 120 segundos descubrir el segundo orificio, a los 60 segundos el tercer orificio y a los 30 segundos el cuarto orificio, a los 30 segundos apagar la lámpara.



La zona enrojecida pasada ocho horas de realizada la dosis eritema, y que desaparece a las 24 hs., se considera *Dosis Eritema Mínima*.

La dosis eritema mínima suele aumentar con el transcurso de las sesiones, porque la piel logra desarrollar tolerancia a la radiación por exposición repetida, por lo que es recomendable aumentar el tiempo de exposición o disminuir la distancia de la lámpara al paciente.

En la radiación ultravioleta del tipo B, en el caso de la psoriasis, la dosis inicial oscila entre el 50 % de la dosis eritema mínima hasta llegar a dos veces y media la dosis, con incrementos del 10 % al 40 % en cada sesión.

En la radiación ultravioleta del tipo A, los tratamientos, suelen estar acompañados de medicación fotosensible (psoralen), si es de administración por vía oral, se aplica la irradiación 2 horas después, si es tópico se lo hace inmediatamente después de aplicado.

Técnicas de aplicación

Evaluación de la dosis y la respuesta:

- Dosis suberitema: sin variación de enrojecimiento en las 24 hs. siguientes
- Dosis de eritema mínimo (D.E.M.): eritema a las 8 hs. y desaparece a las 24 hs.
- Eritema de primer grado (E1) 2 veces y media la D.E.M.: Eritema y leve descamación a las 6 hs., dura aproximadamente 1 a 3 días
- Eritema de segundo grado (E2) 5 veces la D.E.M.: eritema intenso, edema, exfoliación y pigmentación a las 2 hs. de la exposición
- Eritema de tercer grado (E3) 10 veces la D.E.M.: eritema, ampollas, exfoliación y exudación

7.4.3. Indicaciones, contraindicaciones y precauciones

INDICACIONES

- Psoriasis
- Cicatrización de heridas

CONTRAINDICACIONES

1. Irradiación en el globo ocular
2. Cáncer de piel
3. Tuberculosis pulmonar
4. Patología cardíaca, renal o hepática
5. Lupus eritematoso sistémico
6. Fiebre

PRECAUCIONES

- Fármacos y suplementos dietarios fotosensibilizadores
- Fotosensibilidad
- Tratamiento reciente con rayos X
- No debe repetirse la dosis de radiación hasta que hayan desaparecido los efectos de la dosis eritema

Efectos adversos

- Quemaduras
- Envejecimiento prematuro de la piel
- Carcinogénesis
- Daños oculares
- Efectos adversos del psoralen con la aplicación de la radiación ultravioleta del tipo A.

7.5. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Zhenhua Liu et al., sostienen que la fototerapia, que incluye la terapia fotodinámica y la terapia fototérmica, es una forma emergente de tratamiento no invasivo. La

combinación de tecnología de imagen y fototerapia se está convirtiendo en un desarrollo atractivo en el tratamiento del cáncer, ya que permite obtener resultados terapéuticos altamente efectivos a través de la fototerapia guiada por imágenes.

Las porfirinas han atraído un interés significativo en el tratamiento y diagnóstico del cáncer debido a sus excelentes efectos fototerapéuticos en fototerapia y sus notables capacidades de formación de imágenes en imágenes de fluorescencia, imágenes de resonancia magnética e imágenes fotoacústicas. Sin embargo, las porfirinas sufren de poca solubilidad en agua, baja absorción en el infrarrojo cercano y acumulación tumoral insuficiente.

El desarrollo de la nanotecnología proporciona una forma eficaz de mejorar la biodisponibilidad, el efecto fototerapéutico y la capacidad de formación de imágenes de las porfirinas. Esta revisión destaca los resultados de la investigación de nanopartículas de molécula pequeña a base de porfirina en fototerapia y fototerapia guiada por imágenes en la última década y analiza los desafíos y direcciones para el desarrollo de nanopartículas de molécula pequeña a base de porfirina en fototerapia.

7.6. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Guyton A. C.; Hall J. E. (2016) Tratado de fisiología médica. España 13º edición. Ed. Elsevier.

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Zhenhua Liu, Hui Li, Zejie Tian, Xin Liu, Yu Guo, Jun He, Zhenyu Wang, Tao Zhou, Prof. Yunmei Liu; (2022). Porphyrin-Based Nanoparticles: A Promising Phototherapy Platform. <https://doi.org/10.1002/cplu.202200156>

Regresar al Sumario

8. GENERALIDADES EN ELECTROTERAPIA. CORRIENTES FARÁDICAS

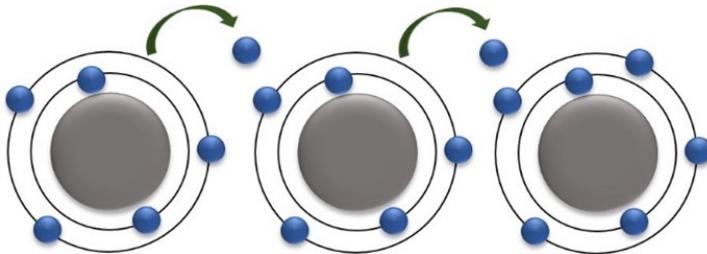
8.1. Electroterapia

Se entiende por electroterapia, a la parte de la fisioterapia que comprende el estudio y la aplicación de la electricidad como agente terapéutico. Su objetivo es el de provocar efectos biológicos y fisiológicos, con la consecuente recuperación o mejoría en el funcionamiento de las células y tejidos sometidos a alteraciones metabólicas por enfermedad o lesión traumática.



8.2. Conceptos básicos

La electricidad es la manifestación de la energía de los electrones, más o menos concentrados, que normalmente proceden de la última capa de los átomos que se aglutinan o desplazan de unos a otros.



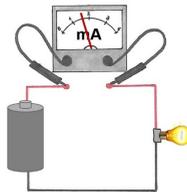
En la corriente hay que identificar:

- **Polaridad.** Es la cualidad que permite distinguir cada uno de los terminales llamados polos, puede ser positivo o negativo. Para que exista flujo de corriente debe existir zonas de exceso de electrones y zonas donde escaseen.

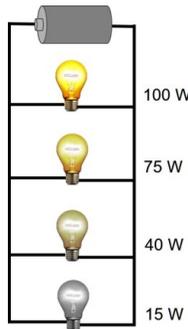
La zona con déficit posee carga positiva (+) denominado ánodo; la zona con exceso posee carga negativa (-) denominado cátodo. El sentido de la corriente es de (-) a (+).



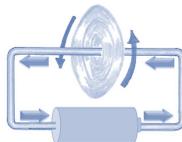
- **Intensidad.** Es la cantidad de electrones que pasan por un punto en un segundo. La unidad de medida es el amperio. (A)



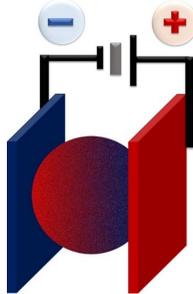
- **Potencia.** Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. La unidad de medida en el sistema internacional es el vatio (W).



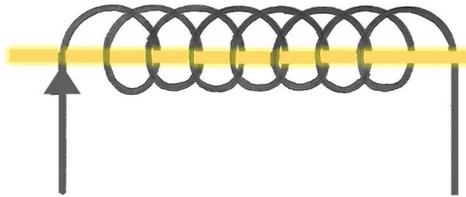
- **Electromagnetismo.** Es la propiedad que presenta la energía eléctrica para generar un campo magnético alrededor del conductor (cable o hilo de cobre) por el que pasa una corriente. La unidad de medida es el Henrio (H).



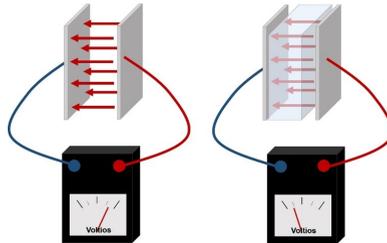
- **Capacitancia.** Es la propiedad que tienen las cargas eléctricas de atraerse entre sí en el caso que sean de signos opuestos y de repelerse si son del mismo signo.



- **Inductancia.** Es la resistencia que opone la materia conductora a ser sometida al paso o variaciones en la corriente, como la intensidad, que circula por ella.



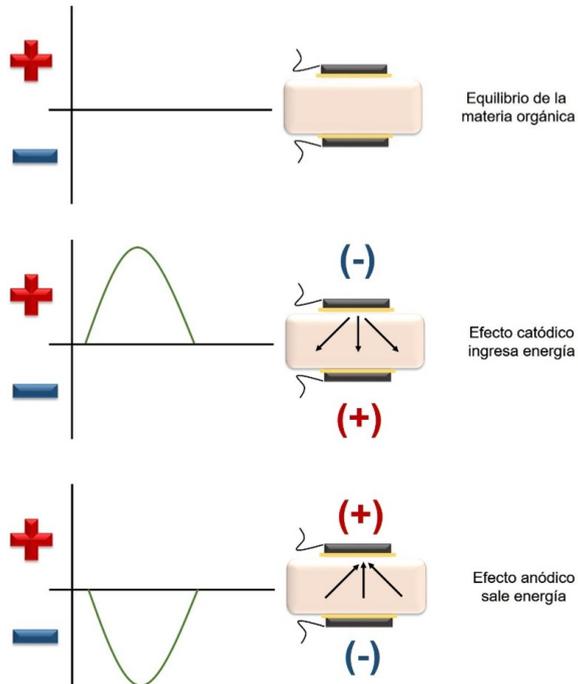
- **Impedancia.** Es la resistencia que opone un componente PASIVO (resistencia, bobina, condensador) al paso de la corriente eléctrica alterna.



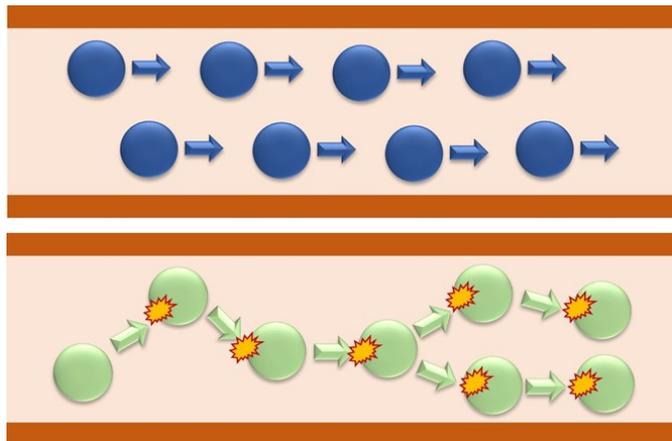
- **Efecto anódico.** Al aplicar un impulso eléctrico al organismo, dentro de la materia orgánica e inmediatamente próximo al electrodo se crea una carga eléctrica de signo opuesto, que dará lugar a una diferencia de potencial entre la electricidad aplicada y las cargas eléctricas del organismo.

- **Efecto catódico.** Al contrario que en el efecto anódico, se producirá una carga eléctrica en el organismo del mismo signo que el impulso eléctrico, derivando en una

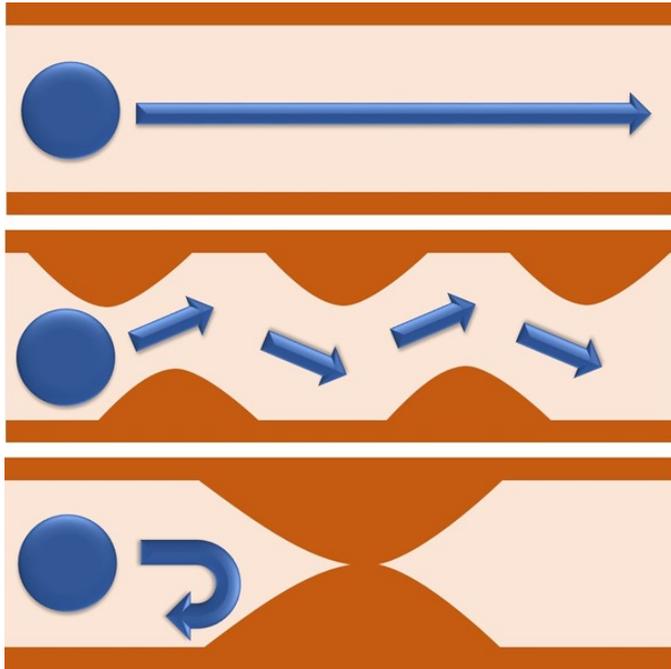
repulsión de las cargas.



- **Resistencia.** Es toda oposición que presentan los materiales al paso de la corriente eléctrica. La resistencia varía la intensidad en la que la corriente pasa por el conductor.

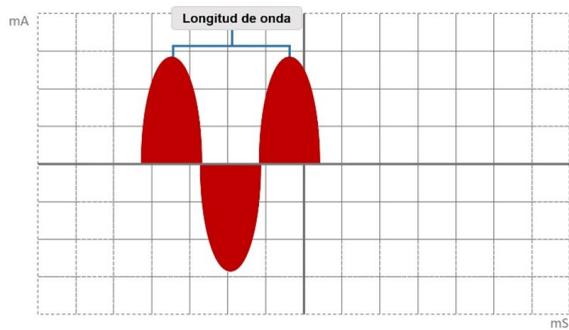
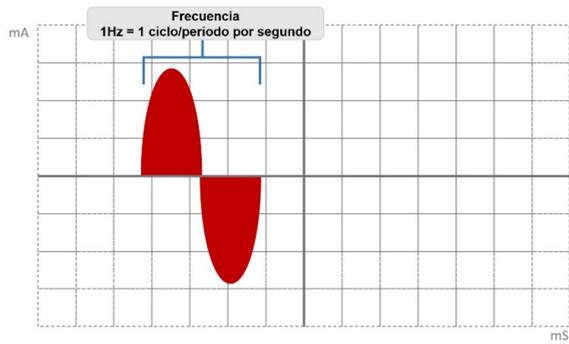
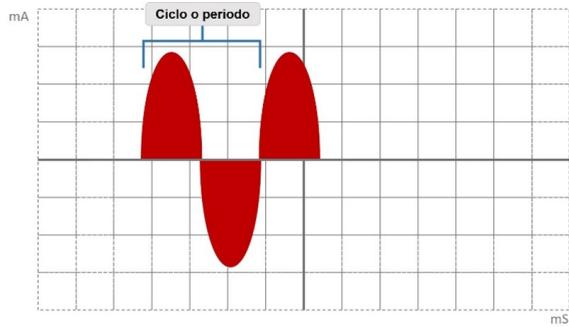


- **Resistividad.** Es la característica propia que presenta un material. La resistividad indica que tanto se opone el material al paso de la corriente.



En un gráfico de una corriente se pueden identificar los siguientes elementos:

- Ciclo o período. Es una oscilación completa que devuelve el sistema a su estado original.
- Frecuencia. Es el número de veces que se repite un ciclo en un segundo ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo/ segundo}$)
- Longitud de onda. Es la distancia mínima que separa dos puntos con las mismas condiciones de movimiento; (2 crestas o 2 valles) sucesivos.



8.3. Clasificación de las corrientes

Según los efectos sobre el organismo

- Efectos electroquímicos
- Efectos motores sobre nervio y músculo

- Efecto sensitivo sobre nervio
- Efectos por aporte energético para mejorar el metabolismo

Según los modos de aplicación

- Pulsos aislados
- Trenes de ondas o ráfagas
- Aplicación mantenida o frecuencia fija
- Corrientes con modulaciones

Según las formas de las ondas

- De flujo constante y polaridad mantenida
- De flujo interrumpido y polaridad mantenida
- De flujo constante y polaridad invertida
- De flujo interrumpido y polaridad invertida
- Modulación de la amplitud
- Modulación de la frecuencia

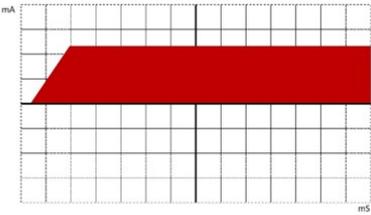
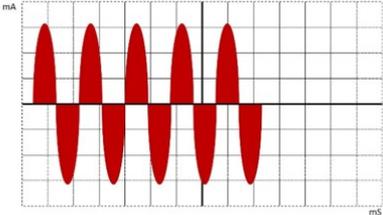
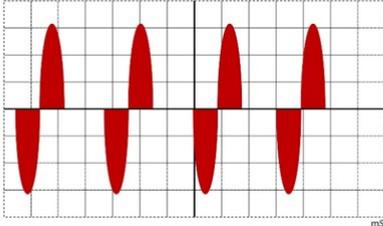
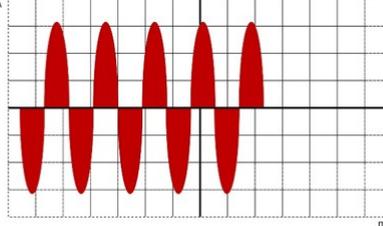
Según la frecuencia

- Baja de 1 a 1.000 Hz.
 - En antiguos equipos se utilizaba corrientes de 50 Hz. del tipo alterna.
- Media de 1.001 a 100.000 Hz.
 - Al aumentar la frecuencia los tejidos disminuyen su impedancia. Un ejemplo, son las corrientes de tipo interferenciales; la técnica consiste en aplicar dos corrientes, una de 4.000 Hz y otra de 4.150 Hz. a través de dos circuitos distintos, los cuales se cruzan para obtener una nueva frecuencia más baja; esta frecuencia es la diferencia entre los dos circuitos de media interferidos. Los efectos son determinados por la baja frecuencia.
- Alta de 100.001 hasta la frecuencia de los ultra violetas (límite entre los del tipo B y C)
 - Las principales características se basan en sus efectos calóricos sobre los tejidos de la materia viva, los cuales se convierten en buenos conductores de este tipo de corrientes, dada la baja impedancia.

En la práctica habitual de la fisioterapia, esta clasificación quedó un poco desactualizada, ya que las frecuencias con las que mayormente se trabaja son:

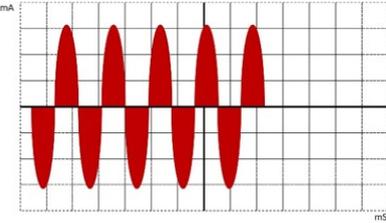
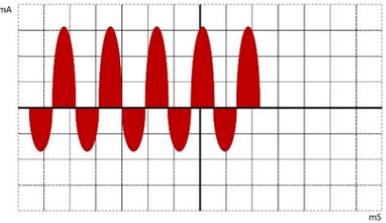
- En el caso de las de baja frecuencia se encuentran entre 1 y 200 Hz
- Las de media frecuencia rondan entre los 1001 y 8000 Hz

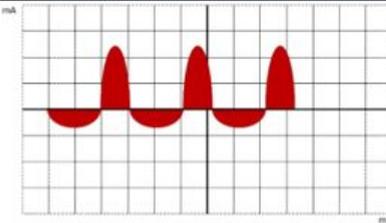
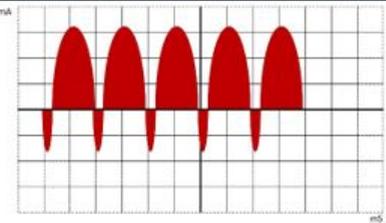
Clasificación gráfica de las corrientes

CORRIENTE CONTINUA	CORRIENTE ALTERNA
<ul style="list-style-type: none"> • Continua • Monofásica • Corriente en estado constante <p>La corriente presenta un flujo constante ininterrumpido y unidireccional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alterna • Bifásica • Corriente en estado variable <p>La corriente presenta alternancia entre la fase positiva y negativa, con una variación cíclica de su magnitud y sentido, en la que se produce un cambio constante de polaridad en cada ciclo.</p>
 <p>Gráfico de corriente continua: El eje vertical está etiquetado como 'mA' y el eje horizontal como 'mS'. La onda roja comienza con una rampa ascendente y luego se vuelve horizontal, representando un flujo constante unidireccional.</p>	 <p>Gráfico de corriente alterna: El eje vertical está etiquetado como 'mA' y el eje horizontal como 'mS'. La onda roja muestra una alternancia cíclica de polaridad (positiva y negativa) con una variación constante de magnitud.</p>
INTERRUMPIDAS	NO INTERRUPTIDAS
<p>Las corrientes se pueden presentar como impulsos aislados o sucesión de impulsos, con un periodo de pausa entre impulsos</p>	<p>Las corrientes no presentan impulsos aislados o sucesión de impulsos, siendo diferente a las interrumpidas porque no existe el periodo de pausa entre estas emisiones</p>
 <p>Gráfico de corriente interrumpida: El eje vertical está etiquetado como 'mA' y el eje horizontal como 'mS'. La onda roja muestra una sucesión de impulsos aislados con periodos de pausa entre ellos.</p>	 <p>Gráfico de corriente no interrumpida: El eje vertical está etiquetado como 'mA' y el eje horizontal como 'mS'. La onda roja muestra una sucesión de impulsos sin periodos de pausa entre ellos.</p>

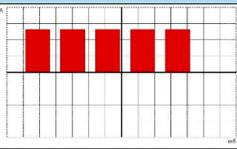
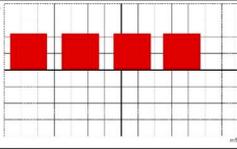
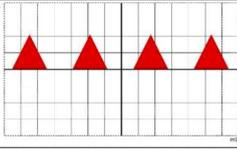
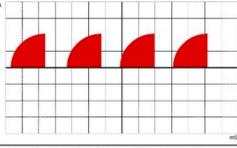
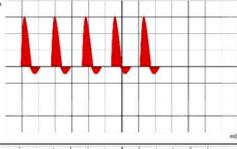
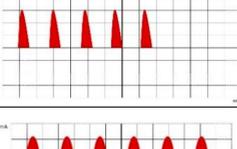
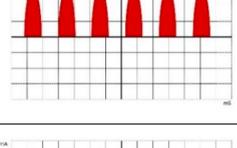
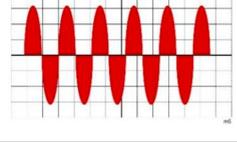
MODULADAS	NO MODULADAS
Las modulaciones pueden ser en intensidad, duración de impulso o frecuencia.	No existe la posibilidad de modificar sus parámetros como sucede en el caso de las corrientes moduladas.

Dentro de las corrientes alternas podemos encontrar:

SIMÉTRICAS	ASIMÉTRICAS
Donde la fase positiva es exactamente igual a la fase negativa, no presenta componente galvánico alguno, puesto que la fase positiva al tener el mismo valor que la fase negativa se anulan con una resultante igual a cero.	La carga eléctrica de un electrodo es superior al del otro, dando como resultado efectos polares.
	

COMPENSADAS	NO COMPENSADAS
La fase positiva y negativa presentan formas distintas, siendo asimétricas, pero equilibradas, o sea, las cargas eléctricas son las mismas con una diferencia en su distribución cuya resultante será igual a cero.	La fase positiva y negativa presentan asimetría de forma no equilibrada, donde un polo tiene dominancia sobre el otro.
	

Las corrientes, sufren otro tipo de clasificación, es según la forma de las pendientes de ascenso y descenso del impulso:

CORRIENTE	FORMA GRAFICA
Rectangular	
Cuadrada	
Triangular	
Exponencial	
Farádica	
Neofarádica	
Hemisinusoidal	
Sinusoidal	

8.4. Generalidades en el acoplamiento aparato-paciente

Factores que influyen en la densidad de corriente:

- Electrodo de pequeña dimensión
- Contacto irregular o mala fijación
- Electrodo en mal estado
- Paños deteriorados o con escasa humedad
- Zonas de piel con menor resistencia

La sensibilidad del paciente va a ser el criterio que determine la dosis; por lo tanto, será necesario informar previamente al paciente las sensaciones que va a percibir. Esto implica que el fisioterapeuta debe probar en sí mismo las diferentes corrientes, frecuencias e intensidades, para poder informar al paciente correctamente.

Podemos diferenciar cuatro grados de dosificación, según la sensibilidad del paciente:

SUBLIMINAL	Submitis	Grado I: Ausencia de sensación de paso de la corriente
LIMINAL	Mitis	Grado II: Sensación ligera de paso de la corriente
SUPRALIMINAL	Nomalis	Grado III: Sensación alta del paso de la corriente pero tolerable
NIVEL DE TOLERANCIA	Fortis	Grado IV: En el límite por debajo del umbral de dolor.

Preparación del paciente

Para realizar el tratamiento de electroterapia en el paciente, éste debe cumplir los siguientes requisitos:

- Eliminar residuos de grasa de la piel
- Rasurar el vello en exceso antes de la aplicación
- Si existe algún tipo de herida, debemos cubrirla con una capa de vaselina
- Lavar los paños que sirve de medio de contacto entre el electrodo y la piel
- Mantener una correcta humedad en los paños
- Fijar los electrodos con cinchas de presión uniforme

- No colocar electrodos de goma conductora directamente sobre la piel
- Cuando la aplicación sea de corriente tipo T.E.N.S., se suele utilizar gel conductor. No recomendable, puesto que puede reseca la goma conductora de los electrodos.
- En caso de electrodos adhesivos no son necesarios paños húmedos
- El paciente, en ningún caso debe sentir la sensación de quemazón, escozor o dolor.
- El paciente debe informarnos ante cualquier variación de la sensación durante el tratamiento
- Tener en cuenta que la sensación y la tolerancia puede variar de una sesión a otra
- Especial cuidado en aplicaciones sobre cicatrices o zonas hiposensibles

La dosificación del tratamiento va a depender de:

- Tamaño de los electrodos
- Intensidad de la corriente
- Sensibilidad del paciente
- Frecuencia de tratamiento

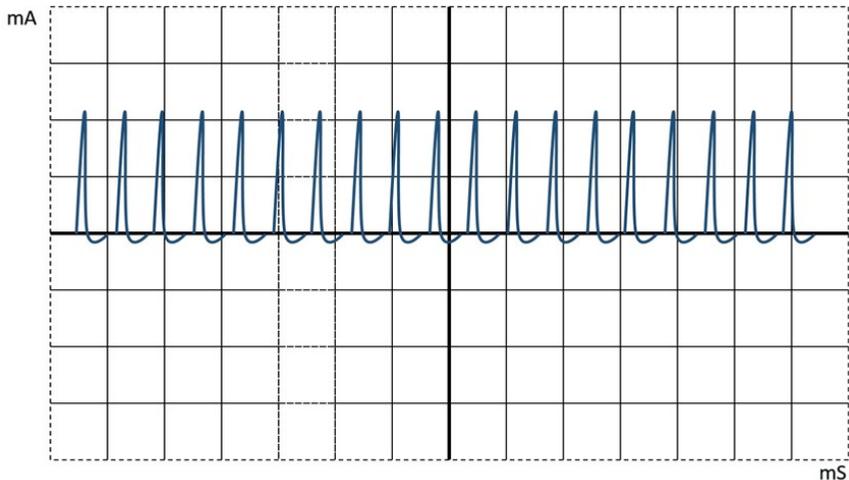
Si bien el tratamiento y la duración del tratamiento con electroterapia, conlleva un criterio profesional ante la evaluación del paciente y su patología, como regla general se puede utilizar dosificaciones tales como:

PATOLOGÍA	AGUDA	CRÓNICA
Intensidad	Subliminal a liminal	Supraliminal a nivel de tolerancia
Duración	Entre 5 y 12 minutos	Entre 12 y 20 minutos
Periodicidad	1 – 2 sesiones/día	3 sesiones/semana
Sesiones	6 a 10	12 a 20

8.5. Corrientes Farádicas

Lleva este nombre gracias a Michael Faraday y se presenta como una corriente:

- Alterna
- Bifásica
- Asimétrica no compensada
- En estado variable
- Triangular
- Pulsátil o interrumpida
- De baja frecuencia de 50 Hz (1 ms de impulso por 19 ms de pausa)

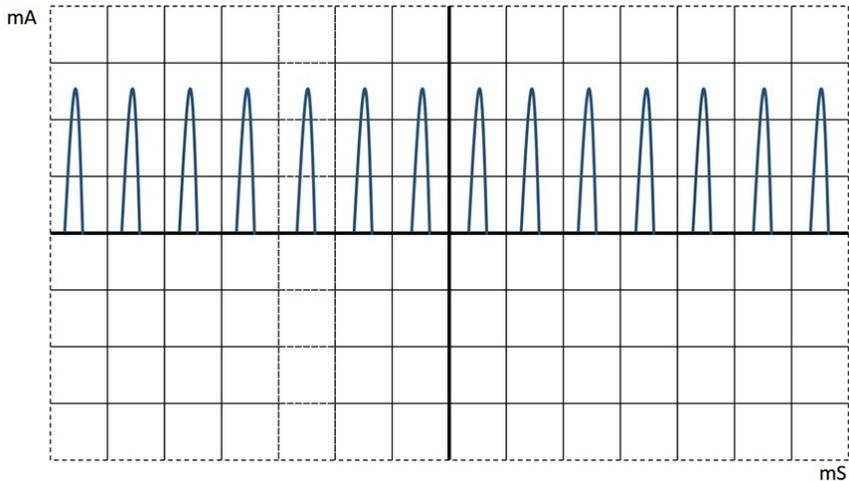


Originalmente era una corriente asimétrica, de baja frecuencia con voltajes entre 100 y 200 voltios, de forma muy irregular. Debido a la dificultad de producción de la corriente farádica apareció una modificación con el nombre de CORRIENTE NEOFARÁDICA, que finalmente fue utilizada en el electro diagnóstico muscular.

Cuyas características son:

- Monofásica
- En estado variable
- Triangular o rectangular

- Pulsátil o interrumpida
- De baja frecuencia



8.6. Faradización

Es el empleo de una corriente de excitación de baja frecuencia con fines terapéuticos, principalmente como refuerzo de la calidad de contracción de músculos inervados normalmente para su fortalecimiento.

Este tipo de corriente se usaba cuando los músculos presentaban una inervación fisiológica normal, nunca patológica, siendo ésta la única indicación terapéutica de la corriente neofarádica.

Se aplicaba sobre un paciente normalmente inervado, provocando una contracción sobre el segmento elegido con el objetivo de promover una hipertrofia muscular, incluso, a veces se le pedía que de forma voluntaria realizara una contracción mientras la corriente completaba la activación muscular, para provocar un mayor grado de tensión, es decir, se buscaba la combinación en la activación de las unidades motoras (contracción voluntaria del paciente más el complemento artificial de la corriente neofarádica), lo cual le permitía establecer ciclos de trabajo con descansos intercalados.

La técnica de estímulos múltiples combinados (voluntarios + corrientes) tenía como nombre de **Cinesiterapia activa funcional**.

Características:

- Capacidad para contraer selectivamente la musculatura bien innervada
- Se puede utilizar cuando los músculos hayan vuelto a poseer una innervación adecuada
- Se aplican estímulos múltiples seguidos de movimientos activos funcionales

Trenes de impulsos neofarádicos

Con propósitos terapéuticos, la corriente eléctrica en forma de trenes o paquetes de impulsos tenía el objetivo de provocar una estimulación en el músculo con la consecuente contracción del mismo, con el fin de evitar la atrofia en algunas patologías, sintiéndolo, el paciente, como más “cómodo” y tolerable. Las intensidades se presentaban en forma creciente y decreciente.

Esta forma de presentación de la corriente, generaba una forma de contracción tetánica constante, aplicada en ciclos de contracción y descanso, así permitía la hipertrofia de la musculatura normalmente innervada.

En la actualidad este tipo de fortalecimiento muscular ha perdido utilidad, ya que se han ido desarrollando otros tipos de corrientes del tipo bifásico, simétricas, sin componente galvánico permitiendo el uso de intensidades más elevadas sin los inconvenientes provocados por las corrientes monofásicas (mayor tolerancia por parte del paciente y menor riesgo de quemaduras).

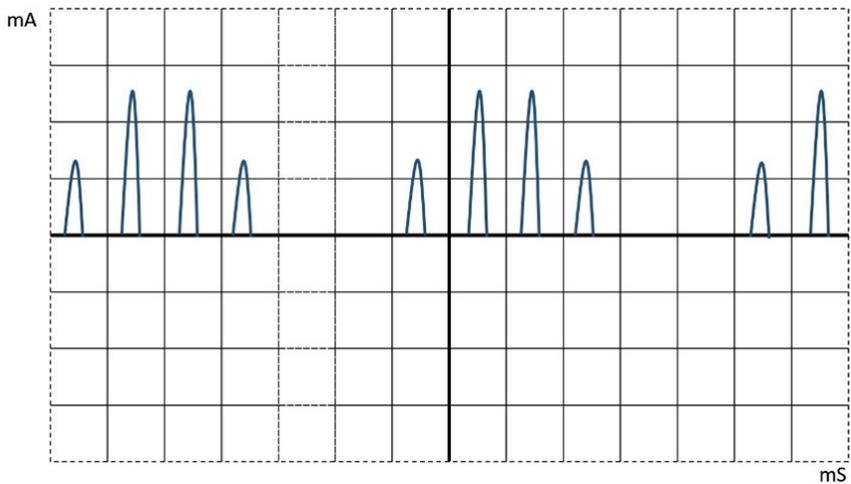
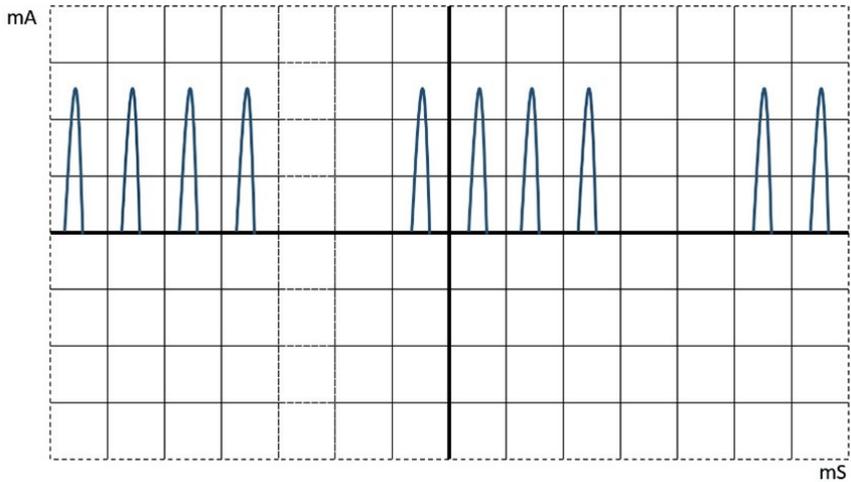
Cuyas características son:

- Monofásica
- En estado variable
- Rectangular
- Pulsátil o interrumpida
- Modulada en intensidad
- De baja frecuencia

Al estar concentrado en trenes o paquetes de ondas, los parámetros que debemos tener en cuenta son:

- Duración del tren de impulso
- Duración de pausa entre los trenes de impulsos

- Periodos de los trenes de impulsos
- Frecuencia de los trenes de impulsos



La corriente neofarádica, con forma triangular o rectangular, se utilizaba con fines:

Diagnóstico. Se utilizaba para obtener la respuesta del sistema estimulado y en función del tipo de respuesta se establecía un diagnóstico y un pronóstico de la lesión. (en desuso)

Terapéutico. Se buscaba lograr la tonificación y el refuerzo muscular (siendo en la actualidad las corrientes rectangulares utilizadas para tales fines).

8.7. Indicaciones

Estas indicaciones quedaban limitadas a los tejidos musculares debidamente inervados sin lesiones o reinervados.

- Reinervación incipiente
- Secuelas musculares posteriores a una parálisis periférica
- Inmovilizaciones prolongadas que provocan atrofia por inactividad
- En pacientes con incapacidad de contracción voluntaria
- En la fase de recuperación de la marcha del hemipléjico
- Estimulación eléctrica funcional (FES)

Actualmente no se utiliza la corriente neofarádica. Con el paso de los años se han desarrollado otros tipos de corrientes que provocan una muy buena calidad de contracción muscular con una mayor tolerancia por parte del paciente.

8.8. Corrientes pulsantes

Posteriormente el desarrollo de aparatos de electroterapia permitió la utilización de las corrientes pulsantes, de formas triangulares y rectangulares pudiéndose controlar parámetros, tales como:

- La duración del impulso
- La pendiente de establecimiento de la intensidad

En la actualidad la corriente del tipo triangular solo se usa con pacientes que han sufrido una denervación y la rectangular se la utiliza en pacientes no denervados. Esta selección según la forma de la onda de la corriente se realiza debido a la capacidad del efecto de acomodación del músculo normalmente inervado.

Capacidad de acomodación: ante un estímulo progresivamente creciente en intensidad, como ocurre en la onda de forma triangular, el sistema neuromuscular, va a presentar una adaptación, que se traduce en la elevación del umbral de despolarización. El estímulo que provoca una contracción debe superar un nivel (umbral) a partir del cual se abren los canales iónicos de membrana y se modifica el potencial de reposo y se produce un potencial de acción. La posición de ese umbral puede variar hacia un

valor más elevado si la pendiente del impulso eléctrico es suficientemente progresiva como para permitir la adaptación de la célula muscular. Esta capacidad no se encuentra en un músculo denervado.

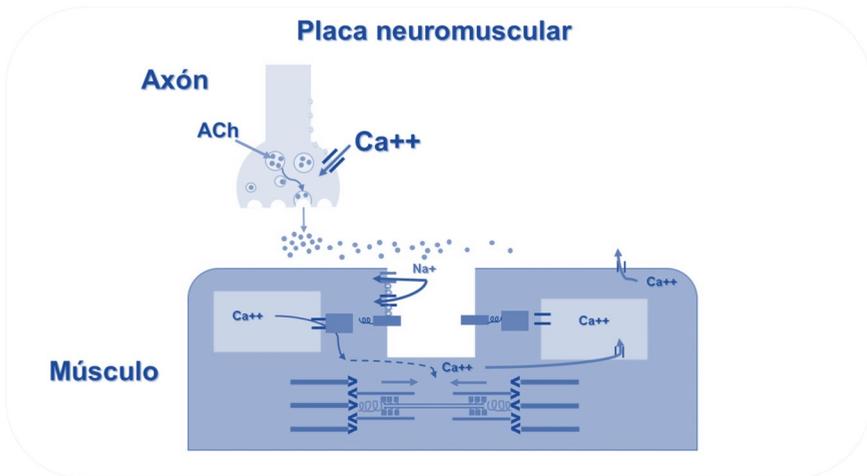
Este tipo de corriente con pendiente de ascenso triangular permite despolarizar de forma selectiva las células denervadas y no las sanas. Es así en el caso de un paciente con una parálisis en un grupo muscular, en ocasiones se debe mantener ese sistema muscular en condiciones óptimas mientras se va produciendo la reinervación.

En el caso del impulso rectangular con una pendiente de ascenso de intensidad vertical, no permite que se produzca el efecto de acomodación de las fibras sanas.

8.9. Electrodiagnóstico

Las corrientes del tipo triangular como rectangular servirán para conocer la excitabilidad del sistema neuromuscular a través de una curva de intensidad/tiempo (i/t). Aunque como terapia siempre se usará la corriente triangular o exponencial.

Recordemos que para que un músculo se considere normalmente inervado debe cumplir con ciertos requisitos histológicos, anatómicos y fisiológicos. Como primera condición es la de presentar una placa neuromuscular indemne, cuyo axón debe contener los canales de calcio mediados por voltaje, que son los encargados de liberar la acetilcolina capaz de interactuar con el sarcolema estimulando el ingreso de sodio a la fibra muscular para liberar calcio contenido en el retículo sarcoplásmico, capaz de actuar en el haz contráctil logrando la contracción muscular.



8.10. CURVA I/T (intensidad/tiempo)

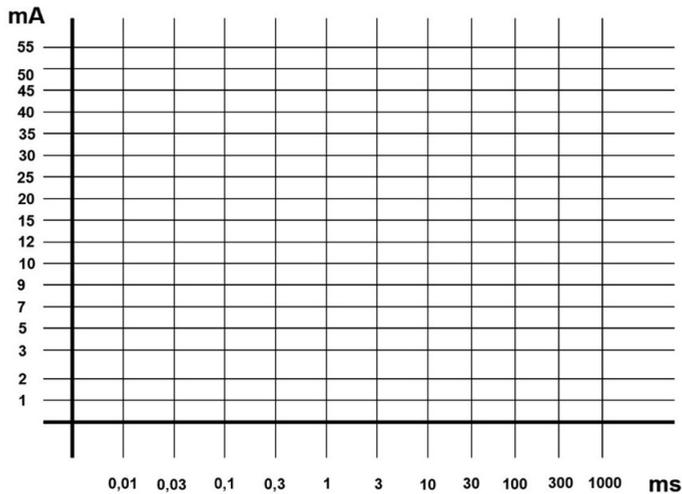
Para realizar el electrodiagnóstico y poder encontrar la reobase y la cronaxia, se requiere de un equipo que sea capaz de generar impulsos eléctricos de forma cuadrada o rectangular. Todos los resultados obtenidos debemos plasmarlos en un sistema de ejes, donde en “X” se representa la duración de los pulsos y en “Y” se ubican las intensidades en mA (miliamperios).

Reobase, es la mínima intensidad capaz de producir una contracción visible (umbral) en un músculo con un impulso de larga duración (1000 ms).

Si bien la reobase no tiene carácter diagnóstico, nos sirve para encontrar la cronaxia.

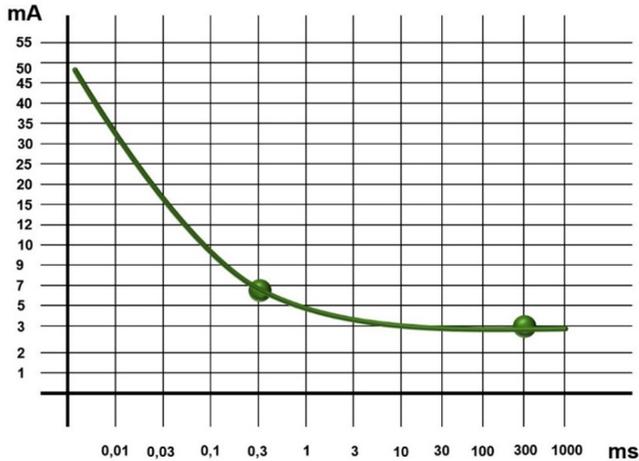
Cronaxia, es el tiempo necesario para producir una contracción visible con una intensidad del doble de la reobase (diagnóstica).

Diagrama I/T



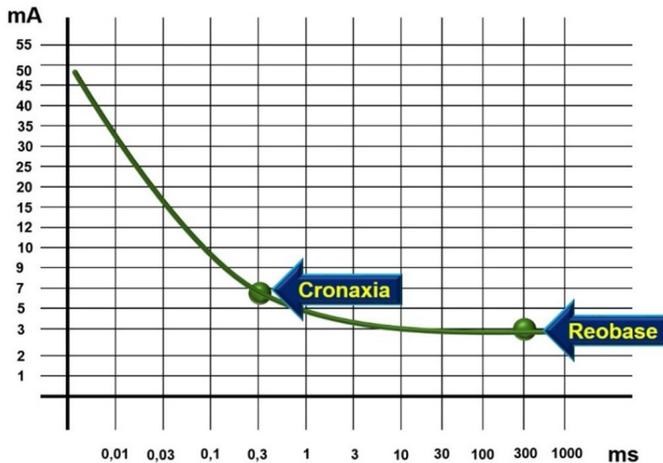
La evaluación para el electrodiagnóstico se comienza de derecha a izquierda, es decir, desde los pulsos de mayor duración hacia los de menor duración. El objetivo es determinar la intensidad en la cual encontramos una respuesta muscular visible en cada pulso. Comenzamos por el pulso de 1000 ms de duración hasta encontrar la respuesta (reobase), y continuamos así con todos los impulsos, y a los resultados los vamos marcando en el gráfico. Fisiológicamente, al acortar la duración de un estímulo, en un músculo sano, será necesario elevar la intensidad para obtener una

contracción umbral.



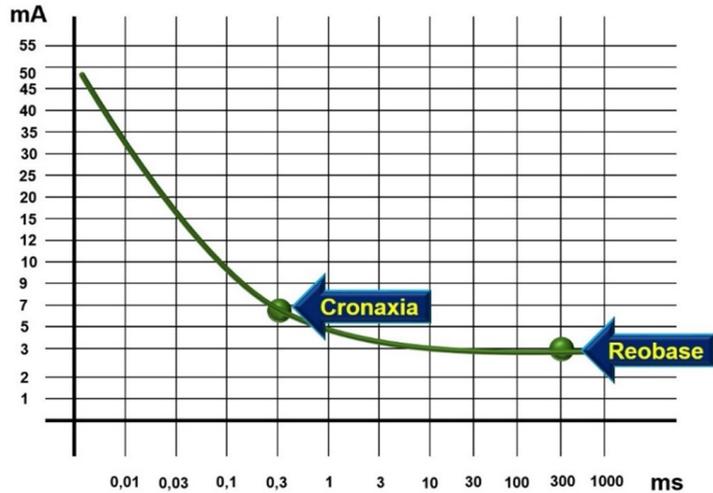
Ejemplo de una Curva I/T

En el caso de la cronaxia, el diagnóstico se comienza de izquierda a derecha, es decir desde el impulso de menor duración, esto quiere decir que con un valor de intensidad fijo (doble de la reobase) vamos estimulando con impulsos de menor duración hasta llegar a los de mayor duración.



En este ejemplo se observa que el valor de la reobase es de 7,5 mA, y la cronaxia es con un estímulo de 0,1 milisegundos a una intensidad de 15 mA.

Cuando la cronaxia se encuentra a la extrema derecha y arriba del gráfico, se considera que la denervación es total; en cambio, si se encuentra hacia la izquierda no existe lesión, en el caso que la cronaxia se encuentre entre estos dos extremos se establece que nos encontramos frente a una denervación parcial.



Obsérvese el ejemplo del gráfico, el punto negro corresponde a un músculo sano, el gris a una denervación parcial y el blanco a una denervación total.

8.11. ¿Qué dicen los artículos científicos?

G. Shankar Ganesh et al. realizaron un trabajo que se basó en la premisa de que la espasticidad en los pacientes después de un accidente cerebrovascular podría ser reducida a través de la estimulación eléctrica y mejorar el rango de movimiento pasivo del tobillo (ROM). Pero, no muchos estudios han evaluado la efectividad de la electro estimulación en el ROM activo del tobillo.

De esa forma, plantean el objetivo de este estudio en determinar la eficacia de las corrientes farádicas y rusas en la reducción de la espasticidad del flexor plantar del tobillo y la mejora recuperación motora en pacientes post ictus.

Con tres grupos de pacientes: el primero tratados solo con ejercicios, el segundo tratados con corrientes farádicas y ejercicios, y por último el tercero grupo tratados con corrientes rusas y ejercicios. Los resultados obtenidos, aunque todos los grupos fueron efectivos en mejorar la actividad ROM del tobillo, no se encontró diferencias importantes entre los grupos después del tratamiento

8.12. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

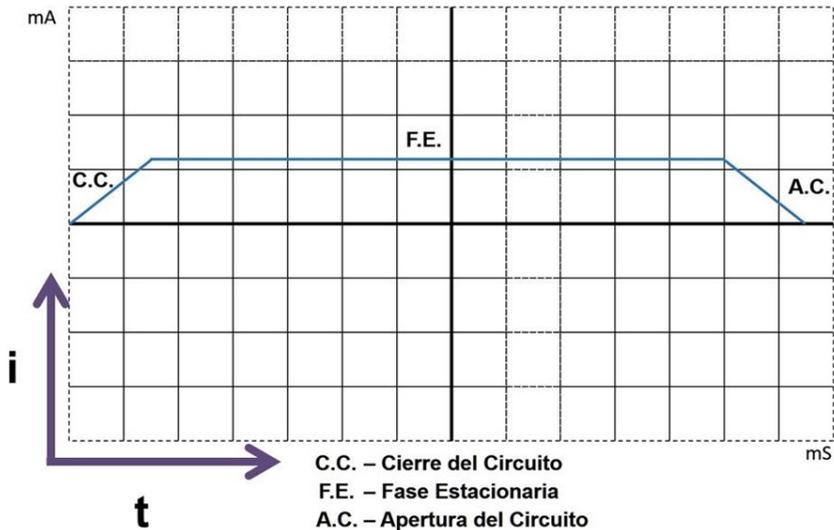
Shankar Ganesh G.; Kumari, Ranjita; Pattnaik Monalisa; Mohanty Patitapaban; Mishra Chittaranjan; Kaur Parminder; Dakshinamoorthy Anandhi (2018) Effectiveness of Faradic and Russian currents on plantar flexor muscle spasticity, ankle motor recovery, and functional gait in stroke patients [wileyonlinelibrary.com/journal/pri](https://doi.org/10.1002/pri.1705). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/pri.1705>

Regresar al Sumario

9. CORRIENTES GALVANICAS

9.1. Corriente galvánica

La corriente continua o galvánica es aquella cuya dirección es constante, monofásica y cuya frecuencia es de valor cero, presenta polos muy bien definidos. En un gráfico i/t (intensidad en relación al tiempo) se representa de la siguiente forma:



- Periodo de Cierre del circuito (CC): Parte de la corriente no terapéutica
- Periodo Util o meseta (FE): Periodo de utilización terapéutica
- Periodo de Apertura del circuito (AC): Parte de la corriente no terapéutica

En la corriente galvánica, se establece el flujo de cargas negativas (electrones) desde el cátodo (-) hacia el ánodo (+), dando lugar a un efecto fisicoquímico debajo de cada electrodo, resultando en la atracción y repulsión de las cargas.

La **galvanización**, es la denominación que recibe el tratamiento que se lleva adelante utilizando la corriente continua.

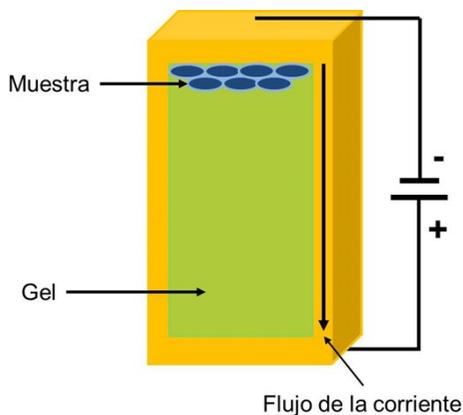
En el mercado existe una variación de la corriente galvánica, presentada como

interrumpida de 8.000 Hz, con una variación en la capacidad de penetración y con mayor tolerancia por parte del paciente; además revela el beneficio de tener una disminución del componente químico y de los efectos polares. Estas corrientes se consideran de alto rendimiento, porque presentan un duty cycle de un 95 %; duty cycle es el tiempo de duración del pulso dividido entre el tiempo completo del ciclo.

En el caso de las aplicaciones con fines médicos, se utiliza la corriente del tipo continua y de intensidad constante (intensidad fija durante el tiempo del tratamiento), de baja tensión, entre 60 a 80 V y de baja intensidad estableciendo como máximo de 200 mA.

Esta corriente nos permite observar dos tipos de efectos ..

9.2. Electroforesis

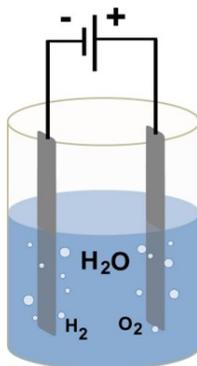


La mayoría de las moléculas en el organismo poseen una carga eléctrica, por lo que se desplazan cuando se ven sometidas a un campo eléctrico.

La electroforesis es una técnica mediante la cual se separan las moléculas en disolución. Se trata de un efecto fundamentalmente analítica o con fines preparativos.

En fisioterapia, este efecto se pone de manifiesto en la proximidad de los electrodos antes de entrar en contacto con los medicamentos.

9.3. Electrólisis



Es el proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad. En este proceso ocurre la captura de electrones en el cátodo y la liberación de electrones en el ánodo (oxidación).

Dicho de otra forma, cuando los iones consiguen entrar en contacto directo con el electrodo sumergido en la disolución, los distintos iones ceden o toman electrones del mismo, perdiendo su carga eléctrica; por ende, cambian sus características físicas y se adhieren al electrodo.

La piel y el paño húmedo actuarán como una barrera para evitar la electrólisis en los electrodos de metal, en cambio se logrará la concentración iónica y el efecto de electroforesis.

9.4. Efectos físico-químicos de la corriente galvánica

- **Efecto electroforético por disociación iónica.** El impulso de los iones lleva a la disociación con otros elementos o iones, con los cuales formaba enlaces, lo que produce cambios a nivel químico al inicio del desplazamiento.
- **Efecto de alteración metabólica.** Los cambios que se producen al moverse los iones hacen que detengan o aceleren las reacciones metabólicas.
- **Efecto de hidrolisis.** Cuando se forman elementos atómicos nuevos y compuestos no iónicos cerca de los electrodos, en concentraciones altas, son obligados a retroceder para ser disueltos por las moléculas de agua, dando paso a la formación de nuevos iones.
- **Efecto de electroósmosis.** El arrastre de agua, proteínas u otras sustancias

hacia las concentraciones iónicas que se han producido, con sus determinadas cargas eléctricas.

- **Efecto electroforético secundario.** Cuando finaliza la sesión los efectos electroquímicos obtenidos, tienden a lograr un reequilibrio.

9.5. Efectos polares

En cada electrodo (ánodo y cátodo) se producen efectos propio de cada uno de ellos, a éstos se los denomina efectos polares, los cuales para un mejor entendimiento se detallarán en forma comparativa:

BAJO EL ÁNODO 	BAJO EL CÁTODO 
Reacción ácida	Reacción alcalina
Oxidación	Reducción
pH bajo	pH alto
Liberación de protones (H ⁺)	Liberación de oxidrilos (OH ⁻)
Concentración de aniones no metales (-)	Concentración de cationes metales (+)
Quemadura de tipo ácido	Quemadura alcalina
Coagulación	Licuefacción
Anaforesis (rechazo de iones (+))	Cataforesis (rechazo de los iones (-))
Vasoconstricción	Vasodilatación
Sedación	Irritación
Nivel de polarización de membrana baja	Nivel de polarización de membrana alta
Actividad metabólica baja	Actividad metabólica alta
Absorción de calor	Liberación de calor
Abundancia de algunos iones (-) como Cl ⁻ , 2Cl ⁻ , OH ⁻	Abundancia de algunos iones (+) como Na ⁺ , Ca ⁺⁺ , K ⁺ , H ₃ O ⁺
Se aplica en procesos de itis	Se aplica en procesos de osis

9.6. Efectos fisiológicos

- **Circulatorio**, dividido en tres fases, la reacción a nivel de los vasos sanguíneos da como resultado principal un eritema en la zona de aplicación de los electrodos. En la primera fase se observa una vaso constricción de muy corta duración, seguida de una vasodilatación marcada y persistente, dando como resultado un eritema que puede llevar algunas horas que desaparezca. El momento en el cual tiende a desaparecer el eritema, marca el comienzo, por decirlo de alguna forma, de la segunda fase que puede durar algunas horas. La tercera y última fase que se caracteriza por dejar la zona tratada sensible ante cualquier estímulo; esto

quiere decir, que si tenemos un aumento de temperatura o presión o fricción generado por un agente externo en la zona donde se aplicaron los electrodos, tenderá a evidenciar nuevamente una zona enrojecida.

- **Sensibilidad.** En particular, debajo del ánodo se producirá un efecto analgésico, éste es provocado por la hiperpolarización de las células receptoras del dolor y sus fibras nerviosas, dando como consecuencia el aumento del umbral del dolor.
- **Motoneuronas.** Con el efecto estimulante como principal característica debajo del cátodo, proporciona además un aumento de la excitabilidad motora.
- **Trofismo.** En la zona tratada, entre los electrodos, va a producirse un aumento del trofismo tisular como resultado de la hiperemia y del aumento del metabolismo debido a la mayor presencia de oxígeno, entre otros componentes de la sangre necesarios para este proceso.
- **Sistema nervioso central.** Se puede lograr un efecto global de relajación o de excitación en el paciente a través de los fenómenos denominados **galvanización descendente** y **galvanización ascendente** respectivamente. Estos efectos pueden ser utilizados como complemento dentro del tratamiento.

GALVANIZACIÓN DESCENDENTE	GALVANIZACIÓN ASCENDENTE
Se ubica el electrodo positivo (+) a nivel cefálico y el electrodo negativo (-) a nivel caudal.	Se ubica el electrodo positivo (+) a nivel caudal y el electrodo negativo (-) a nivel cefálico.
Se produce un efecto de relajación y sedación general	Se produce un efecto de excitación general

9.7. Aplicaciones del galvanismo

- **Baños galvánicos.** Para tratamientos en zonas de gran amplitud en el cuerpo, ante la presencia de lumbalgias, dorsalgias, espasticidad en parálisis centrales, hipertonías, hipotonías, edemas y hematomas.
- **Quemadura electrolítica.** Se realizan quemaduras controladas de pequeñas zonas de la piel, en alteraciones como verrugas, papilomas, folículos pilosos, terminaciones nerviosas y nervios transmisores de dolor.

- **Rizólisis** o coagulación anódica de la raíz sensitiva. El paso de la corriente galvánica a través de un electrodo en forma de aguja, cuyo fin es el de producir un foco de coagulación o quemadura en las proximidades de la raíz nerviosa que se desea tratar. El fin de esta técnica es el de anular los nervios sensitivos de las articulaciones facetarias y así lograr disminuir la sensación de dolor en el paciente.
- **Microgalvanismo.** Aplicación de corriente galvánica en dosis muy bajas (poca intensidad por centímetro cuadrado). Se realiza con una envoltura de vendas anchas y humedecidas en la zona a tratar, pudiendo, en ocasiones, cubrir todo el cuerpo; es a través de estas vendas por donde circula la corriente.
- **Galvanopalpación.** Es una técnica exploratoria, en la cual se aplica corriente galvánica en zonas de metamerias (raíces de los dermatomas), y de esta forma observar la respuesta neurovegetativa y sensitiva de las raíces nerviosas.

9.8. Contraindicaciones y Precauciones

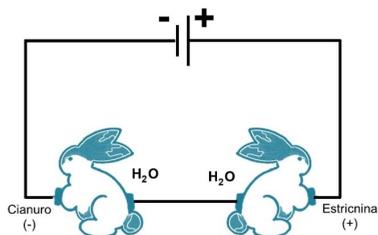
- Osteosíntesis o endoprotesis
- Marcapasos
- Problemas cardiacos
- Embarazo
- En procesos cancerígenos
- Tromboflebitis
- Precaución en zonas próximas a glándulas endócrinas
- Piel en mal estado o con heridas
- Alteraciones en la sensibilidad del paciente

9.9. Iontoforesis

Es una técnica de electroterapia, por la cual se introduce en el organismo iones y moléculas ionizadas (radicales medicamentosos). La aplicación se realiza por vía transcutánea, cuyo medio de movilidad es la corriente galvánica o corrientes derivadas de ésta.

Para demostrar la eficacia de la aplicación de la iontoforesis, Leduc realizó un experimento el cual consistía en utilizar dos conejos conectados en serie. En la primera

prueba del primer experimento colocó bajo el electrodo negativo un paño impregnado con cianuro, al aplicar la corriente galvánica este conejo moría por intoxicación con el cianuro, en cambio el conejo con el electrodo positivo no presentaba restos de esta sustancia. Al volver a realizar el experimento, pero esta vez colocando estricnina bajo el electrodo positivo el conejo moría por intoxicación provocada por esta sustancia. En ambos casos, al invertir la polaridad sin modificar las sustancias bajo los electrodos, aplicando corriente galvánica ninguno de los conejos sufrió daños.

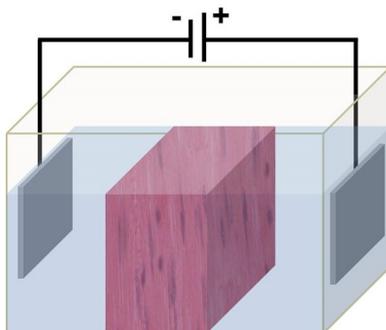


1° PRUEBA	2° PRUEBA
<p>Cátodo empapado con cianuro (polaridad -). Conclusión muerte del conejo conectado al electrodo negativo, conejo conectado al electrodo positivo sin cambios. Inversión de la polaridad ambos conejos intactos.</p>	<p>Ánodo empapado con estricnina (polaridad +). Conclusión muerte del conejo conectado al electrodo positivo, conejo conectado al electrodo negativo sin cambios. Inversión de la polaridad ambos conejos intactos.</p>

Por su parte Labatut, realizó una experiencia que consistía en colocar en forma de tabique un trozo de carne dentro de un recipiente, quedando dividido en dos sectores sin comunicación entre ambas. En dichas cavidades se colocó una solución de litio al 5%. (polaridad +), y un electrodo en cada una de ellas. Se dejó pasar corriente galvánica. Luego de un lapso de tiempo se tomó la carne y se le practicó cortes paralelos a las cavidades, se observó que los cortes más cercanos al electrodo positivo presentaban hasta un 60 % de litio, decreciendo hasta ser nulo en cortes cercanos al electrodo negativo.

De esta forma quedó demostrado que la penetración del litio fue por el mecanismo de repulsión de elementos del mismo signo; en caso de que hubiese intervenido la atracción de elementos de distintos signos, se tendría que haber encontrado, en algún

porcentaje, lito en los cortes cercanos o adjuntos al electrodo negativo.



9.10. Efectos fisiológicos

Las sustancias introducidas a través de la iontoforesis provocan una estimulación o irritación de los receptores y terminaciones nerviosas, luego penetran en la profundidad a través del torrente sanguíneo de la piel. Este proceso descrito, es lento, es por esto que el estímulo a nivel de la piel perdura mayor tiempo. En una comparación realizada con una infiltración a través de una inyección, la misma cantidad de sustancia, se observó, a favor de la iontoforesis, la reducción al mínimo de las posibles reacciones adversas de los medicamentos utilizados, sin el dolor, ni los daños secundarios que provocaría una infiltración.

Los efectos biológicos específicos, en el caso de la iontoforesis, tienen relación con el tipo de medicamento utilizado, de esta forma, se puede llegar a utilizar diversos compuestos con diferentes propósitos, como por ejemplo: *antiinflamatorios*, *analgésicos*, *anestésicos*, *antihistamínicos*, *fibrinolíticos*, *antibióticos*, entre otros.

9.11. Técnicas de aplicación

Consideraciones para la aplicación de la iontoforesis

- Se puede disminuir la densidad de la corriente si se colocan los electrodos más grandes o reducir la intensidad.
- La dosis se debe tener en cuenta que, para aplicaciones de iontoforesis, la piel normal no tolera grandes densidades de corriente, conforme aumenta el tiempo de aplicación la impedancia de la piel disminuye, esto incrementa el riesgo de producción de quemaduras químicas debajo de los electrodos. Es necesario tener en cuenta que la impedancia de la piel es más baja en áreas laceradas o con

cicatrices, y en individuos con piel clara. Las reacciones electroquímicas bajo los electrodos, pueden disminuirse al reducir la densidad de la corriente bajo el cátodo, como se explicó anteriormente, esto se logra aumentando el tamaño de los electrodos o disminuyendo la intensidad de la corriente (generalmente se trabaja con densidades de 0,1 mA/cm²).

- La duración del tratamiento se establece entre 10 y 30 minutos, con un número de sesiones entre 10 y 20 (entre 3 y 5 sesiones por semana), pudiendo repetir el ciclo después de 4 semanas de finalizado el primero.
- Aplicar teniendo en cuenta la polaridad de los electrodos y los iones de la medicación.
- No utilizar dos medicaciones bajo el mismo electrodo, aun teniendo la misma polaridad.
- En el electrodo activo, aplicar el medicamento en algodón o gasas, pudiendo colocar entre éste y el electrodo un paño húmedo con la menor cantidad de agua posible, para evitar la dilución del medicamento y así llegar a disminuir la efectividad del mismo.
- Tomar los recaudos en pacientes con alergias conocidas, preferentemente evitar la aplicación, en este caso.
- Las sustancias medicinales deben diluirse, en caso necesario, en agua destilada, para así evitar la introducción de otros iones que no sean los que se necesita aplicar.



En este ejemplo se muestran dos tamaños de electrodos:
Izquierda: 10 cm de diametro. Derecha: 5 cm de diametro.



En la imagen se puede observar como se colocan los diferentes elementos en la técnica de aplicación: **a.**electrodos. **b.**pañó humeddo. **c.**algodón o gasa con la medicación a aplicar (en electrodos que corresponda según su polaridad)

9.12. Dosis del medicamento

Para determinar la cantidad de medicación a aplicar, algunos autores aplican una ecuación de 1 cc de disolución por cada 5 cm² de paño o gasa. Otros señalan que solo se introduce el 10 % de la medicación.

Formula de la Ley de Faraday	
$mg = \frac{pm \times mA}{v \times 96.500}$	<p>mg = miligramos de sustancia transportada por la corriente galvánica</p> <p>pm = peso molecular o equivalente electroquímico</p> <p>mA = miliamperios</p> <p>v = valencia del ion o molécula</p> <p>96.500 = constante de Faraday</p>

Fórmula para definir la cantidad de medicamento introducido con la iontoforesis

En la práctica clínica diaria, resulta difícil tener todos los datos y hacer todos los cálculos pertinentes para colocar el medicamento.

Un cálculo que se realiza en forma rápida es de 10 ml de solución por cada 100 cm² de área de paño o gasa.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Puede sustituir medicamentos que tienen efectos adversos del tipo digestivo. ✓ El medicamento tiene efecto, principalmente, local; con bajas probabilidades de producir efectos adversos a distancia o una sobredosificación ✓ Su aplicación no es molesta para el paciente ✓ Menor resistencia al ingreso de compuestos de alto peso molecular ✓ Menor tiempo de absorción que en la introducción pasiva del medicamento ✓ Capaz de lograr concentraciones plasmáticas máximas y mínimas, manteniendo el nivel terapéutico ✓ Disminución al mínimo de producir injuria al tejido, por utilizar canales fisiológicos existentes 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilización de medicamentos ionizables ✓ Difícil de calcular la dosis exacta ✓ No es posible a altas concentraciones del medicamento ✓ Precaución en medicamentos de efecto potente en baja concentración

9.13. Indicaciones y Contraindicaciones

INDICACIONES

Tiene relación directa con el tipo de radical que se trabajará, y los efectos solo se limitan al área de aplicación.

CONTRAINDICACIONES

Son similares a las mencionadas para la aplicación de la corriente galvánica, sumando las contraindicaciones correspondientes a cada medicamento que será utilizado.

9.14. Lista de medicamentos más utilizado en iontoforesis

ANALGESICOS – ANTIINFLAMATORIOS - ANTIREUMATICOS		
Nombre Comercial	Composición	Ionización
Bagó B1 B6 B12	Hidrocobalamina-Tiamina-Piridoxina	(+)
Betametasona	Betametasona	(+/-)
Cataflam	Diclofenac potásico	(-)
Celestone	Betametasona (fósforo disodico)	(+/-)
Celestone Crondose	Betametasona (acetato-fosfato disodico)	(+/-)
Corteroid	Betametasona (fósforo disodico)	(+/-)

Corteroïd Gestic	Diclofenac-Betametasona	(+/-)
Contumax Plus	Dexametasona-Indometasina	(+/-)
Corteroïd Retard	Betametasona (fosfato acetato)	(+/-)
Cronocorteroïd	Betametasona	(+)
Deltatoanil B12	Diclofenac-Deltametasona-Hidroxicobalamina	(+/-)
Dioxaflex	Diclofenac sódico	(-)
Dioxaflex B12	Diclofenac sódico	(+/-)
Dolo Nervobión	Ketoprofeno-Tiamina-Piridoxina-Hidroxicobalamina	(+/-)
Dolo Nervobión 5000	Ketoprofeno-tiamina-piridoxina-hidroxicobalamina	(+/-)
IM 75	Indometacina	(+)
Lisalgil	Dipirona	(+/-)
Nervobión 5000	Dipirona-Tiamina-Piridoxina-Hidrocobalamina	(+)
Nervobión 10000	Dipirona-Tiamina-Piridoxina-Hidrocobalamina	(+)
Orudis	Ketoprofenac	(-)
OXA B12	Diclofenac Potásico	(+/-)
OXA 75	Diclofenac Potásico	(-)
Sinálgico	Ketorolac	(-)
Tiladil	Tenoxicam	(+/-)
Tomanil	Diclofenac-Dietalamina	(-)
Voltarén	Diclofenac-Sódico	(-)
Xilocaina	Lidocaína	(+)

MIORRELAJANTES

Nombre Comercial	Composición	Ionización
Holomagnesio	Magnesio	(+)
Magnesio	Magnesio	(+)
Norflex		(+/-)
Calcibromin		(+/-)
Calcibromat		(+/-)
Cloruro de Calcio		(+)
Paranoval		(-)
Sulfato de magnesio		(+)
Flaxedil		(+)

SEDANTES

Nombre Comercial	Composición	Ionización
Bromuro de potasio		(+)
Bromuro de sodio		(-)

ANTIEMATOSOS		
Nombre Comercial	Composición	Ionización
Tiomucase		(-)
Alfaquimitripsina		(+)
Chimoser		(-)
Oxiferriscorbone		(-)

9.15. ¿Qué dicen los artículos científicos?

La hiperhidrosis (HH) es una afección bastante común, donde una de sus mayores comorbilidades es la depresión, ya que le afecta la sociabilidad del paciente. La corriente galvánica es una de las terapias utilizadas en los caso de HH, es así como Sanna-Liisa Heiskanen et al. en el trabajo publicado en el año 2.022 “Comorbilidades y tratamientos de la hiperhidrosis: un registro basado en 511 Sujetos analizados” como alternativa de terapia para la HH local, presenta a la iontoforesis con una adhesión del 81,8% de los pacientes, siendo un tratamiento prolongado (hasta 6 meses) el cual solo fue completado por 25,7%.

La iontoforesis proporcionó un marcado alivio de los síntomas para un alto porcentaje de los pacientes (40,4%).

La enfermedad de la Peyronie tiende a ser infra diagnosticada e infra tratada, y en Italia afecta a alrededor del 7% de la población masculina con edades comprendidas entre 50 y 70. Varios estudios indican una prevalencia en adultos hombres entre el 3,2 y el 13,1% y una incidencia del 15,9% después de la prostatectomía radical. De esta forma se describe, a manera de introducción, en el trabajo publicado en el año 2.022 por Tatiana Bolgeo et al. En el mismo reconoce que para tratar a los pacientes con esta afección es esencial monitorear el progreso del tratamiento desde el principio de la atención al paciente.

A modo de conclusión, pudieron afirmar que la iontoforesis combinada con la terapia de verapamilo puede mejorar la calidad de vida y ofrecerles bienestar psicofísico con una relación sexual aceptable, disminuyendo así los niveles de ansiedad y depresión. La mejora en la calidad de vida de los pacientes los induce a continuar la terapia ciclos con regularidad y determinación. Los investigadores dejaron en claro que se requieren más estudios nacionales e internacionales para fortalecer los resultados obtenidos.

9.16. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Heiskanen Sanna-Liisa; Niskala Jani; Jokelainen Jari; Tasanen Kaisa; Huilaja Laura and Sinikumpy Suvi-Päivikki (2022) Hyperhidrosis Comorbidities and Treatments: A Register-based Study among 511 Subjects. Acta Derm Venereol. 102: adv00656. DOI: 10.2340/actadv.v102.1061

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Tatiana Bolgeo; Roberta Di Matteo; Menada Gardalini; Denise Gatti; Antonio Maconi and Carmelo Boccafoschi (2022) Quality of life of patients with La Peyronie's disease undergoing local iontophoresis therapy: A longitudinal observational study. Archivio Italiano di Urologia e Andrologia. 94, 1. DOI: 10.4081/aiua.2022.1.75

Regresar al Sumario

10. CORRIENTES VARIABLES. ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA TRANSCUTANEA

10.1. Corrientes variables

Dentro de las múltiples variantes de la corriente que se utilizan en fisioterapia, nuestra elección para tratamiento va a estar determinada por el efecto que se desee obtener en cada fase de la evolución de la patología.

Por ejemplo, un esguince de ligamento colateral medial en fase aguda, se utiliza un tipo de corriente analgésica y cuando avanza hacia una fase subaguda nuestro objetivo será la potenciación muscular a través de corrientes excitomotoras, con el fin de activar las fibras de los músculos responsables de la estabilidad de la rodilla.

Las corrientes terapéuticas, según la representación de la onda reciben su nombre, donde las mismas pueden ser al mismo tiempo continuas o variables.

Las denominadas corrientes variables pueden presentarse de manera interrumpidas, ininterrumpidas o combinadas.

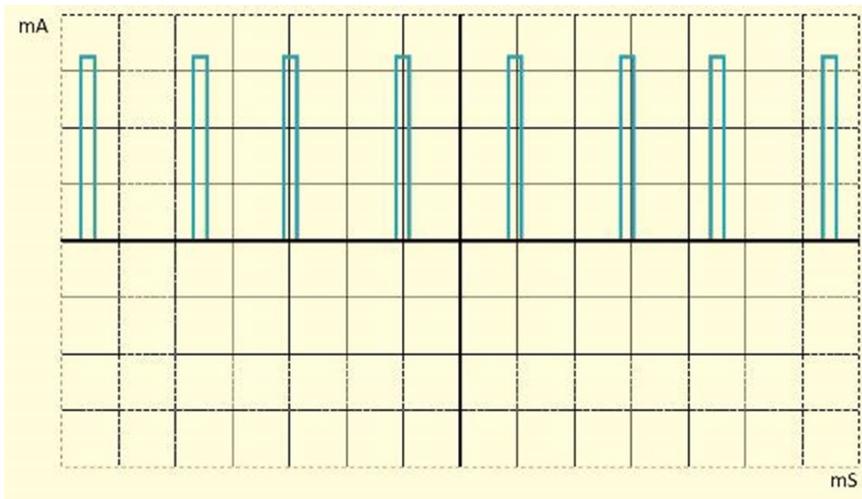
Este tipo de corrientes son heterogéneas, pero tienen tres características en común:

- La intensidad se encuentra en constante variación en función del tiempo
- Las técnicas de aplicación son similares
- Los efectos terapéuticos y fisiológicos son idénticos

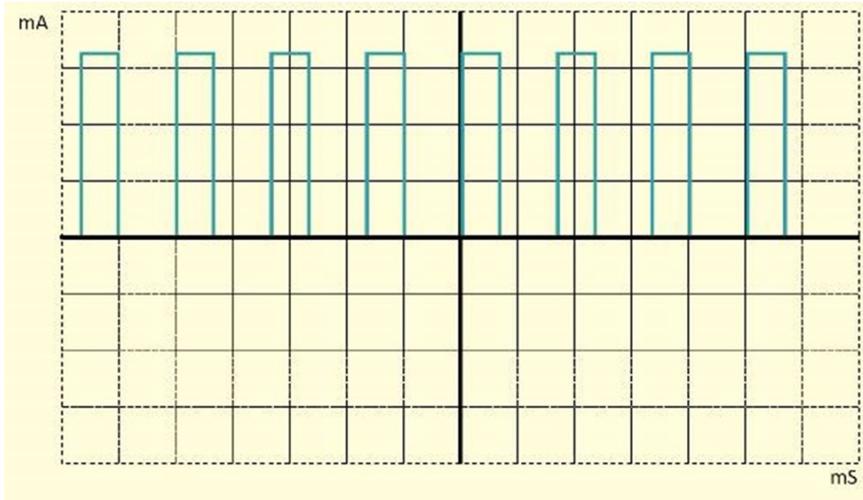
10.2. Clasificación de corrientes variables

Corrientes Interrumpidas	Rectangular	<ul style="list-style-type: none"> • Leduc • Träbert
	Progresivas	<ul style="list-style-type: none"> • Lapique • Exponencial
	Moduladas	<ul style="list-style-type: none"> • Diadinámicas • Aperiódicas de Adams
Corrientes Ininterrumpidas	Ondulatorias	
	Alternas	
Corrientes Interferenciales	Waterwille	
	2 Corrientes alternas	

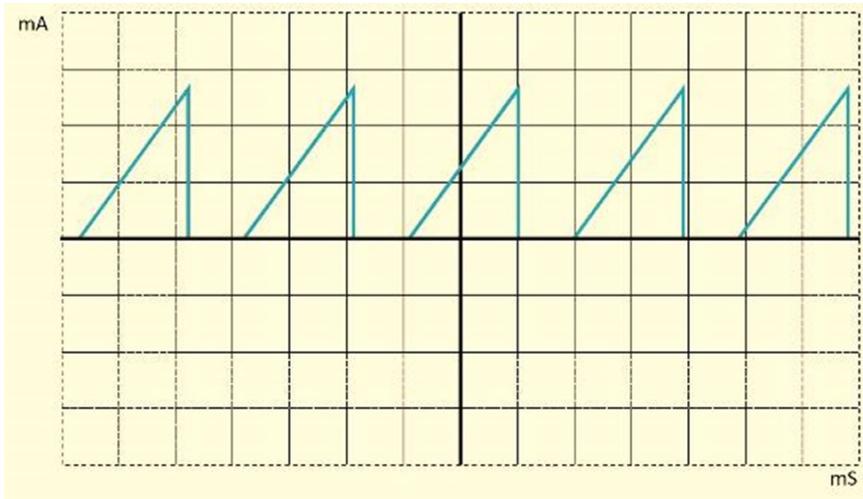
Corriente interrumpida rectangular de Leduc



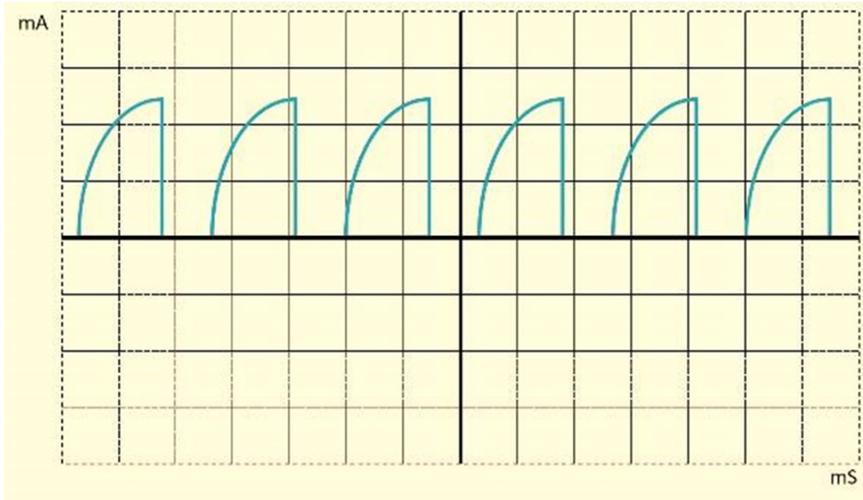
Corriente interrumpida rectangular de Träbert



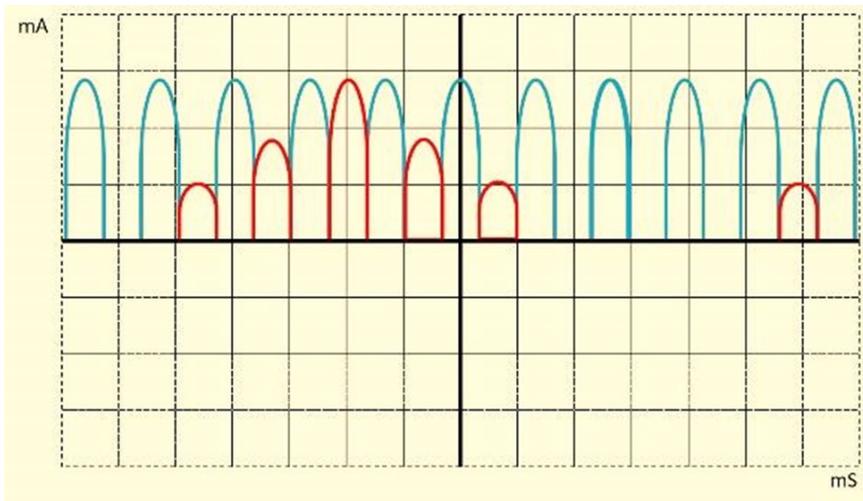
Corriente interrumpida progresiva de Lapique



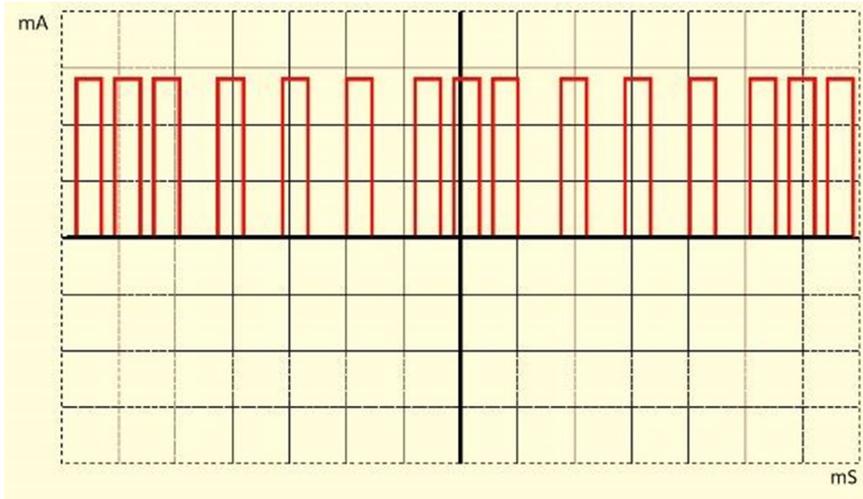
Corriente interrumpida progresiva de Exponencial



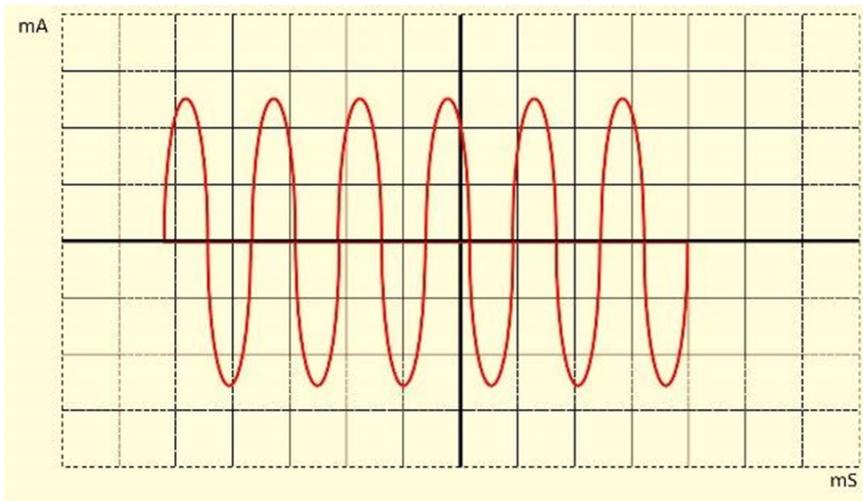
Corriente interrumpida modulada Diadinámica



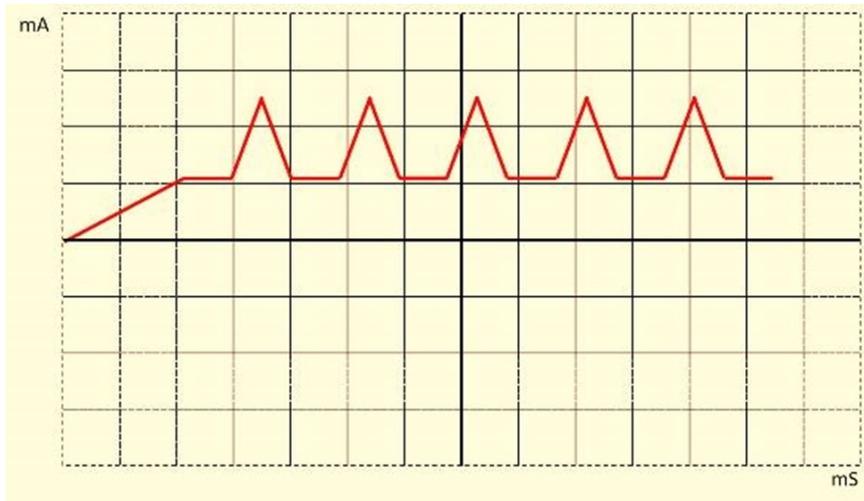
Corriente interrumpida modulada Aperiódica de Adams



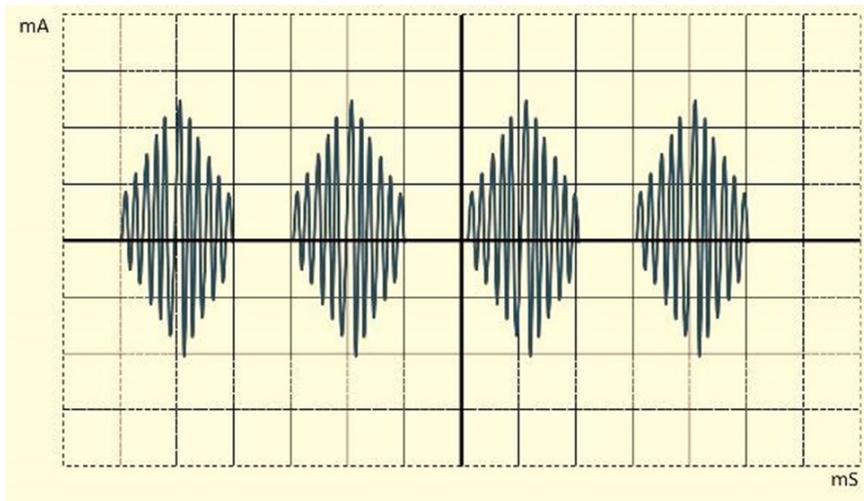
Corriente ininterrumpida



Corriente interferencial de Waterwille



Corriente interferenciales (participan dos corrientes alternas)



Las características del impulso, en este tipo de corrientes, dependen de la intensidad con la que se aplican, duración, pendiente de establecimiento, cese, polaridad y periodicidad. Una corriente, se denomina **rítmica o periódica**, cuando los intervalos son iguales entre sus pulsos, en caso contrario, se denominan **corrientes aperiódicas**. Si la corriente sigue un determinado patrón de modificación, estamos ante una corriente modulada, aunque pudiera parecer aperiódica.

La **corriente galvánica** es la corriente base de las corrientes de baja frecuencia. Esto se debe que al sufrir algunas modificaciones, tales como, la incorporación de pausas. Estas variaciones dan lugar a la formación de los pulsos eléctricos.

Las corrientes de baja frecuencia que estimulan las fibras aferentes sensitivas tienen como objetivo lograr el efecto analgésico o disminución del dolor. Cuando estas corrientes tienen acción sobre fibras nerviosas eferentes motoras, se denominan **corrientes excitomotoras**, logrando la contracción de las diferentes fibras musculares.

10.3. Corrientes terapéuticas

Las corrientes terapéuticas pueden clasificarse en:

Galvánica	<ul style="list-style-type: none"> • Galvanización • Iontoforesis 	Con componente galvánico
Baja frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Farádica • Träbert • Diadinámicas • Exponenciales • TENS pulsos monofásicos 	
	<ul style="list-style-type: none"> • TENS pulsos compensados 	El componente galvánico se encuentra anulado
Media frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Excitomotoras P. Comp. • Bipolar directo MegAA (modulación 0) • Modulada exógena • Tetrapolar interferencial 	Sin componente galvánico

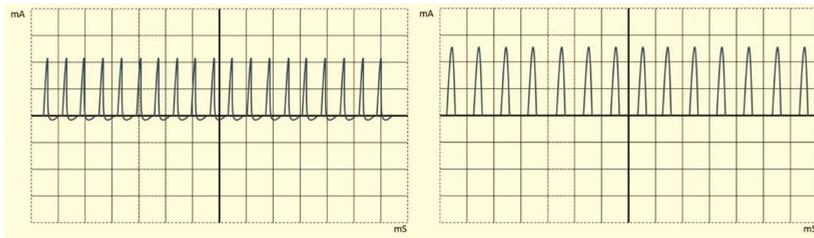
Es de vital importancia saber si la corriente que estamos aplicando a una persona presenta componente galvánico, puesto que, dependiendo de la piel, puede presentar mayor o menor tolerancia a la misma, por ende la posibilidad de producir lesiones químicas.

10.4. Corrientes de baja frecuencia

Por lo anteriormente explicado, se aclara que estas corrientes presentan una base galvánica, con pulsos y pausas. La forma bifásica o compensada, se establece con el fin de evitar los efectos del componente galvánico, ya que la semionda negativa presenta la misma densidad de corriente que la semionda positiva dando una diferencia igual a cero, esto explica porqué se anula el efecto galvánico. Dentro de ellas se encuentran:

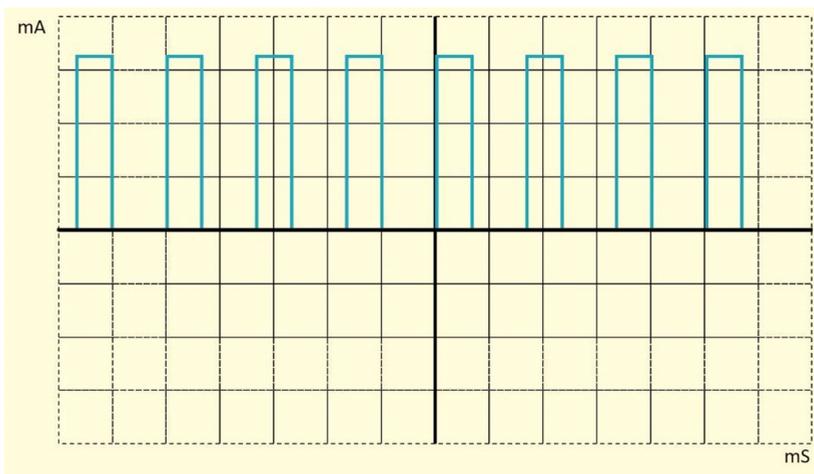
Corriente farádica o neofarádica (excitomotora)

Presenta pulso de 1 ms, 19 ms de pausa y 50 Hz de frecuencia.



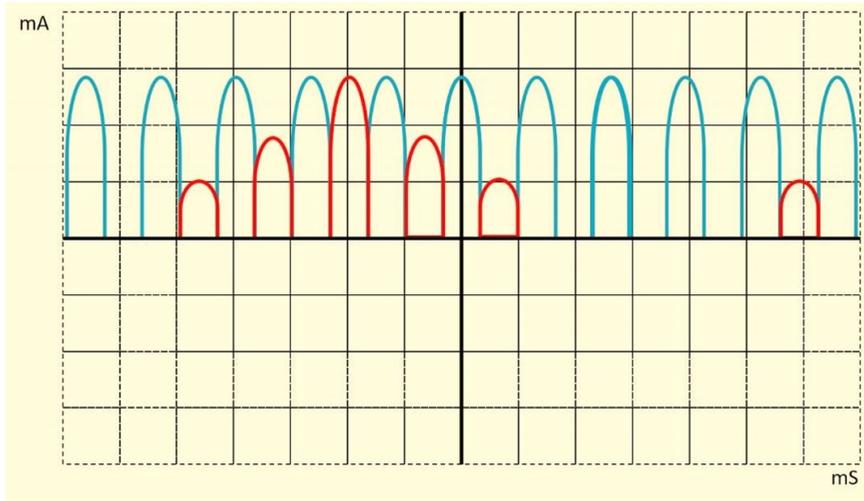
Corriente de Träbert (analgésica)

Presenta pulso de 2 ms con pausas de 5 ms y 143 Hz de frecuencia.



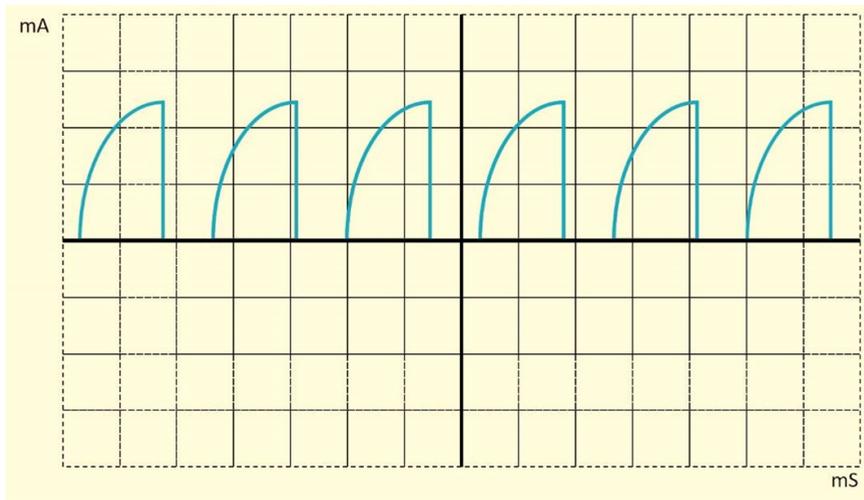
Corrientes diadinámicas de Bernard (analgésica)

Presenta pulso de tipo senoidal rectificada en simple y doble onda de 10 a 50 ms y 100 Hz de frecuencia



Exponenciales (excitomotora en músculos denervados y músculos lisos)

Presenta pulsos de 100 a 500 ms de hasta un 1Hz de frecuencia. La rampa de ascenso de los pulsos es de forma progresiva, es lo que le da su característica de selectividad al momento de la electroestimulación.



T.E.N.S. (con fines analgésicos)

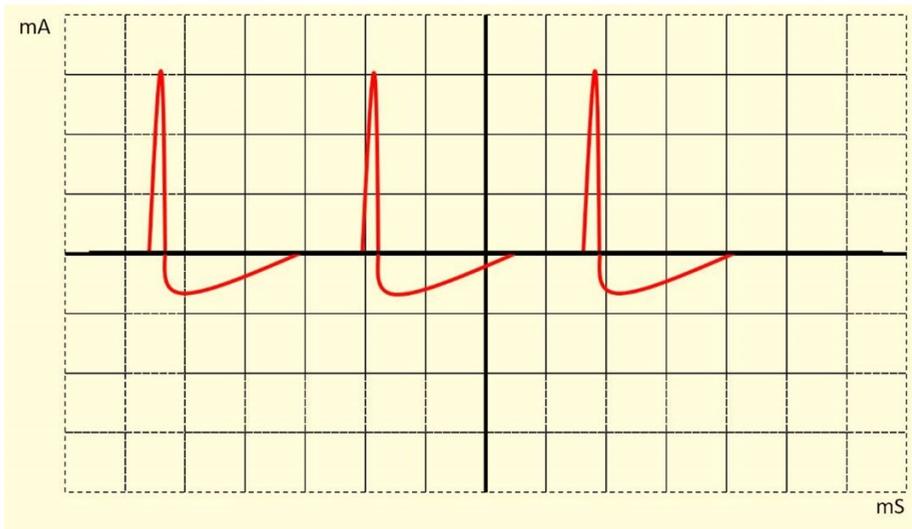
Presenta sus variantes:

T.E.N.S. convencional: pulsos de 0,2 ms con frecuencia entre 50 y 150 Hz

T.E.N.S. de baja frecuencia: pulsos de hasta 0,3 ms con frecuencia entre 1 a 5Hz

T.E.N.S. en salva o trenes (1 a 3Hz - burst): pulsos de hasta 0,1ms con una frecuencia entre 70 y 100 Hz

T.E.N.S. de aplicación corta e intensa: pulsos de hasta 0,5 ms con frecuencia de entre 50 y 150 Hz en salva o constante por corto tiempo.



10.5. Corrientes de media frecuencia

Estas corrientes presenta la particularidad, que ante la aplicación, la impedancia cutánea disminuye y el umbral del dolor se eleva.

Debido a su frecuencia elevada, las corrientes de media frecuencia logran una mayor penetración y tolerancia por parte del paciente, llegando a un mejor efecto con una menor dosis en comparación a las corrientes de baja frecuencia.

10.6. Precauciones y contraindicaciones

PRECAUCIONES

Independientemente de que la corriente presente componente galvánico o no, se recomienda:

- Colocar siempre un paño humedo (bien impregnado de agua) entre el electrodo y la piel.
- Enjuagar bien los paños luego de su uso para eliminar las sales corporales que pudieran haber quedado luego de su uso.
- El uso de geles en vez de paños, llevan al temprano deterioro de la conductividad de los electrodos.

CONTRAINDICACIONES

Generales para la aplicación de la electroterapia

- **Marcapasos o dispositivos electrónicos implantados.**
La distribución de la corriente eléctrica en los tejidos puede variar, es conveniente evitar tratar la zona o segmento, en algunos casos reemplazar por otro agente físico.
- **Osteosíntesis o endoprótesis metálicas.**
Desde piezas dentarias e incluso los dispositivos anticonceptivos intrauterinos (DIU). Actúan recibiendo el paso de la corriente (con componente galvánico), pudiendo llegar a provocar electrólisis en el tejido alrededor de la pieza metálica e intolerancia por parte del paciente. En el caso de las corrientes compensadas o de media frecuencia estos riesgos disminuyen utilizando intensidades no muy elevadas.
- **Anestesia o hipoestesia de la piel de la zona a tratar.**
La percepción por parte del paciente del paso de la corriente es imprescindible para evitar una posible iatrogenia.
- **Neoplasias o tumores.**
- **Embarazos o metrorragias.**
Evitar la zona abdominal
- **Trombosis y tromboflebitis.**
- **Procesos inflamatorios agudos o infecciones locales y generales**

- **Tuberculosis pulmonar**
- **Ulceraciones o injerto cutáneo.**
Evitar colocar los electrodos en las zonas afectadas
- **Zona precordial, seno carotídeo**
- **Es conveniente evitar la zona lateral del cuello y región temporal**

10.7. Consejos para tener en cuenta

- Al momento de aplicar las corrientes que presentan polaridad definida, es preciso saber que se las identifica, según sea el polo positivo con un signo (+) o con un signo (-) al polo negativo, siendo este último el activo, ya que se obtiene una mejor respuesta fisiológica.
- La mayoría de los equipos producen un pulso eléctrico alto y corto (sea negativo o positivo) con mejor respuesta sensitivo motora, y otro bajo y largo, cuya diferencia entre ambos es igual cero. Estas corrientes “sin polaridad” o sin efecto galvánico por compensación de la ondas positiva y negativa.
- En el caso de las corrientes que poseen dos pulsos de signos opuestos, pero de iguales características (bifásica simétricas), la colocación de los electrodos es indistinto.
- Para definir el tipo de pulso que vamos a utilizar, debemos tener en cuenta los parámetros tales como paciente, patología y objetivos del tratamiento, pudiendo utilizar pulsos largos cuya duración son mayores a 1 milisegundo o cortos, menores a 0,5 milisegundos; en muchos casos están expresados en microsegundos. Por ejemplo ante un músculo que presenta una atrofia, se utilizará pulsos ente 1 y 10 milisegundos. En el caso de un paciente entrenado, como suele ocurrir en los deportistas, se pueden utilizar impulsos entre 0,1 y 0,5 milisegundos.
- En la técnica denominada monopolar, se aplica a través de un electrodo pequeño que será el activo, generalmente de polaridad negativa, y se aplicará en puntos motores; y un electrodo de mayor tamaño de polaridad positiva que actuará como indiferente o masa, y se permanecerá fijo, normalmente en raíces nerviosas.
- En el modo bipolar las dimensiones de ambos electrodos son similares y normalmente se colocan en los extremos de las masas musculares (evitar las

regiones tendinosas). La técnica multipolar, consiste en la colocación de un electrodo indiferente y varios activos.

- Al realizar técnicas, donde se colocan los electrodos en forma contralateral, estar atentos, ya que se podrían estar estimulando músculos agonista y antagonistas, con respuestas distintas entre ambos grupos, llegando a lesionar fibras musculares si las intensidades son elevadas. Sin embargo, existe una técnica en la cual se puede aplicar en forma contralateral, provocando en forma alternada, la contracción rítmica entre agonista y antagonistas.
- Cuando los electrodos activos se sitúan en cercanías de la columna, pueden estar estimulando ganglios del sistema neurovegetativo, por lo que se conoce como vía de inervación secundaria, por donde llegan estímulos eléctricos a diferentes órganos, pudiendo afectar a los mismos, provocando taquicardia, mareos, etc.
- Las características de la corriente a utilizar depende de la particularidad del paciente: Por ejemplo en el caso de individuos entrenados se utilizan corrientes con pulsos bifásicos con técnicas bipolares o multipolares, con pulsos de 0,5 milisegundos.
- Pacientes con patologías, como atrofas musculares, denervaciones parciales o severas y otras lesiones neuromusculares, utilizaremos corrientes del tipo monopolar con pulsos mayores a 1 milisegundo de duración; localizando los puntos motores, aplicar corrientes triangulares, exponenciales o de pendientes de ascenso progresivo, de esta forma solo estimularemos los músculos lesionados. Para determinar la corriente que se aplicará, se realizará un electrodiagnóstico.

10.8. Estimulación eléctrica transcutánea – T.E.N.S.

Ante la presencia del dolor, el cual es definido por la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (I.A.S.P.), como una experiencia sensitiva y emocional desagradable, asociada a una lesión tisular real o potencial. Uno de los recursos que tenemos los fisioterapeutas son las corrientes T.E.N.S.

En el año 2017, la IASP introdujo el término **dolor nociplástico**, para agregar a la clasificación existente.

De esta forma encontramos a los dolores:

- **Nociceptivos:** son respuestas normales del organismo ante la presencia de una injuria, cuyo principal objetivo es prevenir que el daño sea mayor. Ejemplo:

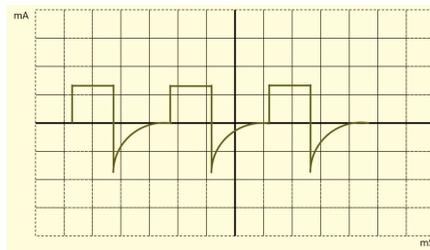
quitar la mano del fuego luego del primer contacto con éste.

- **Neuropáticos:** son debido al daño o la disfunción del sistema nervioso periférico o central, en lugar de la estimulación de los receptores para el dolor, que se caracteriza por ser desproporcionado respecto de la lesión tisular, presentando disestesias (p. ej., ardor, hormigueos) y signos de lesión del nervio detectados durante el examen neurológico, suelen ser tratados con fármacos, sino con neuromodulación, por ejemplo.
- **Nociplásticos:** surgen de un procesamiento incorrecto de los receptores del dolor. Estos receptores se encuentran activados transmitiendo información al sistema nervioso a pesar de que, aparentemente, no hay ningún tejido en el cuerpo que se encuentre dañado.

En electroterapia se dispone de una amplia gama de corrientes diseñadas para atacar al dolor en su causa, en su origen o en su trayectoria, bien cuando son excitadas las distintas terminaciones nerviosas o cuando es conducido por vías sensitivas hacia el S.N.C. Entre ellas se encuentra las corrientes T.E.N.S. (transcutaneous electrical nervous stimulation), traducido al castellano es la estimulación eléctrica transcutánea

Características de este tipo de corrientes:

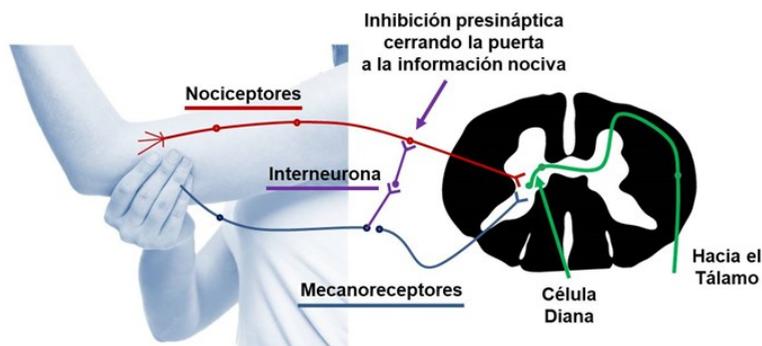
- Alterna
- Bifásica
- Asimétrica
- Compensada
- En estado variable
- Pulsátil o interrumpida
- De baja frecuencia



10.9. Teoría de la compuerta para el alivio o bloqueo del dolor

Fue propuesta por primera vez en 1965 por Ronald Melzack y Patrick Wall, ofreciendo una explicación fisiológica para los efectos previamente observados de la fisiología de la percepción del dolor.

La teoría de la compuerta afirma que la activación de los nervios que no transmiten señales dolorosas, llamadas fibras no-nociceptivas, pueden interferir con las señales de fibras dolorosas, por lo tanto, inhibiendo el dolor. Los nervios nociceptores aferentes, aquellos que llevan la señal dolorosa al cerebro, comprenden dos tipos de fibras: una fibra α -delta mielinizada, relativamente ancha y rápida que lleva mensajes rápidos de dolor intenso, unas fibras "c" lentas, no mielinizadas y pequeñas que llevan el dolor crónico y palpitante duradero. Las fibras α -beta de gran diámetro son no nociceptivas (no transmiten estímulos dolorosos) e inhiben los efectos de las fibras α -delta y c.



Esto explica porqué disminuye el dolor cuando el cerebro está experimentando una sensación de distracción o se produce simultáneamente un estímulo táctil, que por su mayor velocidad en los nervios, (30mts/seg) llega primero a la compuerta y le cierra la puerta parcialmente al dolor.

10.10. Efectos biológicos del T.E.N.S.

Los TENS logran una hiperestimulación de fibras sensitivas gruesas. Se estimulan células T del cuerno posterior del asta dorsal de la médula espinal, a nivel de las láminas I y II; por esta estimulación, se activa la sustancia gelatinosa, cuya actividad bloquea la transmisión sináptica de las fibras de pequeño diámetro a nivel medular. Como resultado queda la inhibición presináptica a nivel del propio segmento de la

médula espinal o a nivel más alto.

Además, se produce una estimulación de las fibras C a nivel de los puntos “gatillos”, por cortos períodos. Esto causa estimulación de las neuronas descendentes y afecta la transmisión de información de dolor que viene de la periferia. Esta estimulación provoca la liberación de neurotransmisores en el tronco cerebral. Tiene más utilidad en el tratamiento del dolor agudo y sobre todo cuando está bien focalizado.

Características de las corrientes T.E.N.S.

Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeño tamaño. • Accionados por baterías (+ seguridad). • Tratamiento doméstico. • 1 - 2 o más canales.
Tipos de ondas	Los pulsos eléctricos pueden ser de forma cuadrada, rectangular o espiculada, bipolares simétricos o asimétricos con las fases balanceadas, de forma que no exista un componente galvánico y evitar los efectos polares (cambios electroquímicos).
Parámetros básicos	Intensidad. Duración del estímulo.
Selección de frecuencia	<u>Frecuencias altas (100- 120 Hz.)</u> <ul style="list-style-type: none"> • Procesos agudos. • Mejoría rápida y pasajera. <u>Frecuencias bajas (1 – 20 Hz.)</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Procesos crónicos. ✓ Mejoría lenta y prolongada.

10.11. Técnicas de aplicación

De acuerdo con la teoría del dolor, (compuerta de Melzack y Wall), se estimulan selectivamente las fibras aferentes de mayor diámetro a-beta y, bloqueando a nivel medular la sensación dolorosa conducida por las fibras C amielínicas, se produce una analgesia casi inmediata pero poco duradera.

La aplicación de la modalidad convencional actúa, pero en función de la irritación, cuyo objetivo es el de liberar endorfinas.



Un electrodo negativo (-) sobre la zona dolorosa, el positivo (+) en el dermatoma, nervio o raíz correspondiente más proximal.



Si los pulsos no son compensados y tienen un componente galvánico, se recomienda colocar el positivo distal y el negativo proximal para producir una estimulación ortodrómica (camino más corto) de las fibras aferentes situando la zona dolorosa entre los electrodos.

Cuando el equipo tiene dos canales de salida se puede tratar en cruz el punto doloroso, dos puntos nerviosos o simultáneamente el miembro afectado y el contra lateral.



10.12. Modalidades de T.E.N.S.

Tipo convencional

Este tipo de T.E.N.S. presenta una alta frecuencia pero con intensidades bajas su frecuencia es de 75 a 100 Hz. Duración del estímulo es de 50 a 125 ms.

Estos parámetros nos permiten estimular las fibras afrentes del grupo II, (fibras gruesas “a beta y gamma”, tacto y tono muscular respectivamente).

Se producen ligeras parestesias sin producir contracción muscular, pero tengamos presente que si los electrodos son colocados sobre un punto motor se producirán contracciones cuando se utilicen intensidades relativamente altas, el efecto analgésico así obtenido se debe especialmente a los mecanismos de segmentación espinal.

La analgesia así obtenida es inmediata pero de una duración relativamente corta, es decir, un par de horas luego del tratamiento.

Esta modalidad terapéutica de T.E.N.S. no permite su aplicación cuando se desea estimular periodos de larga y mediana duración.

Tipo acupuntura

En este caso, y a diferencia del anterior presenta una frecuencia baja e intensidades altas.

Su frecuencia es de 1 a 4 Hz.

La duración del estímulo es de 200 a 300 ms.

Con estas características, y estos valores de frecuencia y duración del pulso, se nos permite estimular las fibras nociceptivas de los grupos III y IV, (fibras finas a-delta y C), dolor, temperatura y presión como así también pequeñas fibras motoras.

Esta modalidad de T.E.N.S. nos da la posibilidad de colocar los electrodos sobre el miotoma relacionado con la zona de dolor, donde se producirán, al igual que en caso anterior, parestesias y por la intensidad de trabajo contracciones musculares, que teóricamente no deberán sobrepasar el umbral o límite de tolerancia del paciente. Su aplicación está indicada en períodos cortos de aplicación.

10.13. Precauciones, indicaciones y contrindicaciones

PRECAUCIONES

- Evitar su utilización en áreas cutáneas irritadas o laceradas.
- Evitar su uso en pacientes con marcada susceptibilidad a la estimulación eléctrica.
- Evitar, cuando se está recibiendo tratamiento de mediana o larga duración, el manejo de herramientas de alta potencia, por la interferencia que ocasionan y por la posibilidad de provocar desplazamientos de los electrodos.
- Interrumpir el tratamiento hasta una correcta identificación y subsanamiento de todo lo desagradable que se presentase durante el tiempo destinado a la aplicación, en general se debe al insuficiente esparcimiento del gel y/o a una inadecuada fijación de los electrodos a punto de provocar una irritación cutánea al uso prolongado de ese mismo lugar. La corrección de este defecto subsana de base este problema.

INDICACIONES

- Algias vertebrales: puntos dolorosos.
- Hombro doloroso: puntos dolorosos.
- Neuralgia herpética: tronco nervioso.
- Trigémino: puntos gatillos.
- Dolor tumoral: tratamientos largos.
- Distrofia simpático refleja: tronco nervioso y proximal a la lesión.

- Cicatrices dolorosas: si electrodos largos paralelo a la cicatriz, redondos en forma de cruz.
- Miembro fantasma y muñón doloroso: cátodo en la zona de mayor dolor.
- Microtraumatismos repetidos: cátodo sobre la zona de dolor.
- Analgesia durante el parto.
- Dolor posquirúrgico.
- Enfermedad de Raynaud.
- Estimulación muscular: pseudoartrosis y retardo de la consolidación

CONTRAINDICACIONES

- Marcapasos.
- No estimular el seno carotideo.
- No estimular la región anterior del cuello.
- No estimular las mucosas.
- Hipersensibilidad cutánea.
- No estimular el área cardiaca.

10.14. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires:Editorial Panamericana 2º Edición

Regresar al Sumario

11. CORRIENTES RECTANGULARES, EXPO- NENCIALES Y MODULADAS

11.1. Corrientes Rectangulares

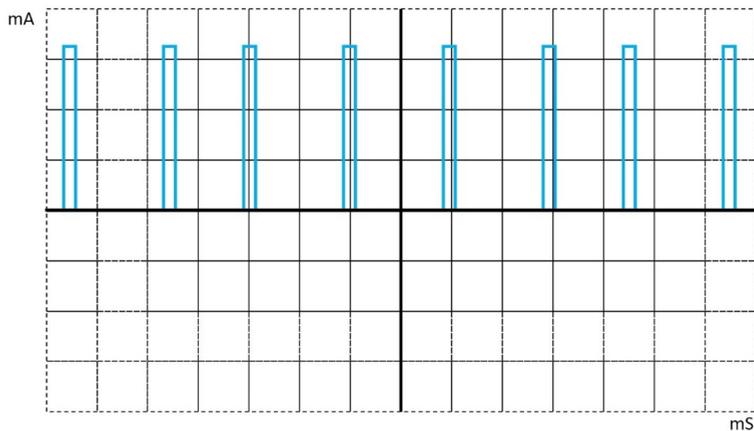
Es una corriente continua, monofásica e interrumpida. Su impulso tiene forma rectangular, de allí deriva su nombre; las pendientes de establecimiento y cese son verticales. En breve tiempo alcanza su intensidad máxima. Con las siguientes características:

- Monofásica
- En estado variable
- Rectangular
- Pulsátil o interrumpida
- De baja frecuencia

Dentro de las corrientes rectangulares encontramos:

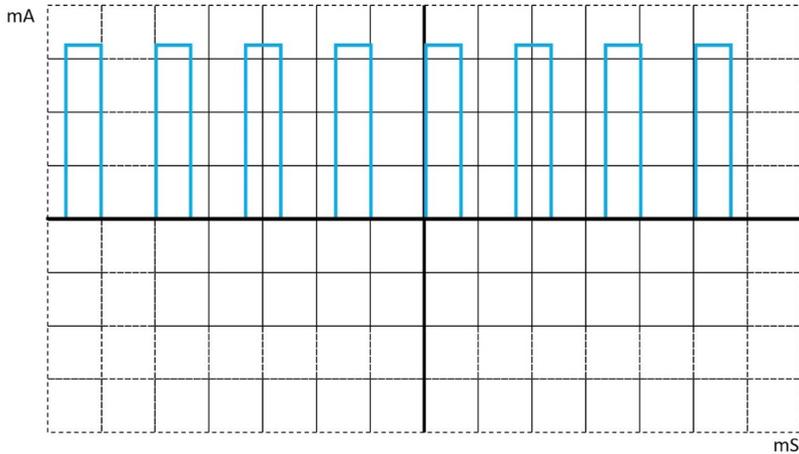
11.2. Corrientes de Leduc

El intervalo dura 10 veces más que el impulso. Por ejemplo, si el impulso dura 1 ms, el intervalo hasta el próximo impulso, tiene una duración de 10 ms.



11.3. Corrientes de Träbert

El intervalo en este caso tiene una relación de 5 por 2, (5 ms de reposo por 2 ms de impulso). Enviando 142 impulsos por segundo.



Corrientes ultra excitantes de Träbert

En la representación gráfica de esta corriente, se observa una sucesión de impulsos de forma rectangular, al igual que en la corriente neofarádica, además presenta características particulares que la diferencia de otras corrientes. Con 143 Hz, es la corriente de baja frecuencia con el valor más alto de frecuencia.

Particularidades:

- Interrumpida
- De forma rectangular
- Monofásica
- En estado variable
- De baja frecuencia

El periodo de la corriente ultra excitante de Träbert está formado por un impulso de 2 milisegundos y una pausa de 5 milisegundos (7 milisegundos). Träbert fue uno de los primeros en interpretar que se podía obtener un resultado terapéutico sin tratar en forma directa o local el segmento afectado. Por esto propuso el tratamiento denominado **SEGMENTARIO**, que consistía en:

La estimulación de las raíces nerviosas correspondientes al segmento en el que se encuentra la patología se lograba conseguir un efecto terapéutico mayor. Por tras de todos los estudios realizados, desarrolló una metodología terapéutica en base a dos bloques diferentes que se aplicaban en una sola sesión:

- Terapia segmentaria

Tratamiento del segmento en las fibras nerviosas o dermatomas.

- Terapia local

Ambas terapias se debían realizar en la misma sesión, ya que se fundamentaba en que el tratamiento basado en la estimulación de las raíces o el nivel segmentario, seguida del tratamiento eléctrico directo localizado en el segmento patológico iba a tener un mayor efecto terapéutico.

Ejemplo:

Ante la presencia de una hipertonía del grupo muscular cuádriceps, teniendo como objetivo relajar dicho grupo muscular, el tratamiento planteado por Träbert, sería aplicar electroterapia sobre las raíces nerviosas que inervan la parte anterior del muslo (L2-L4), para luego realizar la aplicación en forma local del cuádriceps.

La intensidad es el factor de más variación en el tratamiento, ya que el aumento era sistemático cada vez que el tejido se acomodaba a la corriente, llegando a provocar una contracción tetánica muscular. El objetivo de realizarlo de esta forma era aumentar progresivamente el umbral de la sensibilidad y del dolor.



Con esto se conseguía aumentar el umbral de sensibilidad y el umbral del dolor en forma progresiva. Después del tratamiento, los impulsos que provocaban una actividad nociceptiva tenían que ser de mayor intensidad para provocar el mismo potencial de acción doloroso, consiguiendo así un efecto analgésico.



11.4. Técnica de tratamiento

Con el objetivo de lograr una reducción del dolor, una relajación muscular (tetanizante) y aumento en la circulación sanguínea, la técnica se realizaba de la siguiente manera:

- Método bipolar
- Tiempo de tratamiento de 10 a 30 minutos
- Intensidad de la corriente hasta el límite de tolerancia, rozando la intolerancia
- Aumentando la intensidad durante el tratamiento entre 2 y 5 veces, manteniendo la intensidad en la segunda mitad de la sesión obtenida en la última subida.
 - De 5 en 5 minutos en patologías agudas
 - De 7 en 7 minutos en patologías subagudas
 - De 10 en 10 minutos en patología crónicas

11.5. Indicaciones

- Trastornos de flujo sanguíneo por hipertonia muscular o espasmo de los vasos

- Dolor por neuralgia
- Contracturas e hipertónías musculares
- Dolor muscular
- Dolencias postraumáticas
- Artrosis y condropatías

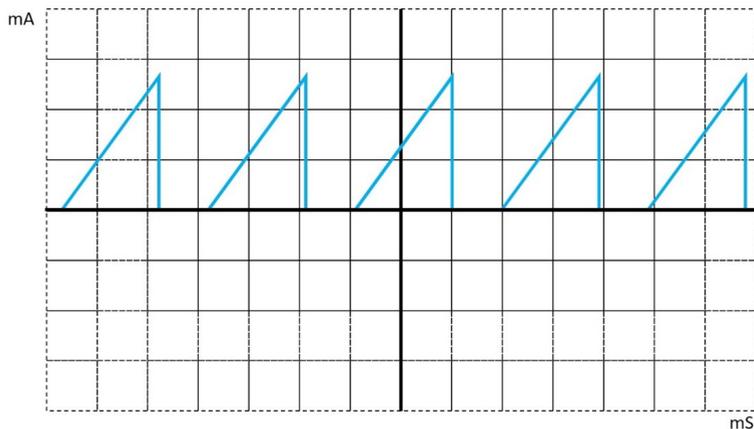
11.6. Corrientes Exponenciales

Su pendiente de establecimiento tiene la característica de ser gradual. Esta gradualidad puede presentarse en forma rectilínea o exponencial (curva logarítmica). Con muy buenos resultados obre músculos con déficit a nivel de inervación, porque no presentan el efecto denominado de acomodación. Con las características de ser:

- Monofásica
- En estado variable
- Triangular o exponencial
- Pulsátil o interumpida
- De baja frecuencia

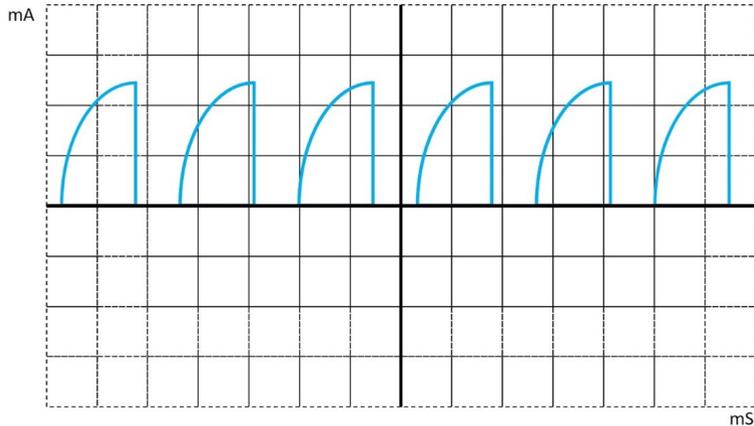
11.7. Corrientes de Lapique

Presenta un establecimiento lento, uniforme y rectilíneo, cuyo cese es brusco.



11.8. Corrientes exponencial

Ascenso variable, el ejemplo más claro es la corriente de Lego, que en 2 ms alcanza el 63 % de su intensidad máxima con el cese brusco.



El tiempo del impulso suele presentarse de 100 ms a 500 ms, con una pausa igual a 3 veces el impulso, esto se explica, ya que la fibra muscular debe utilizar el tiempo de pausa para recuperarse tras el estímulo. Existen variados autores que determinan, que el impulso de menor tiempo tiene mejores resultados en lesiones recientes, y los impulsos de mayor duración en casos de lesiones graves.

Además de sus efectos sobre músculos denervados, también se observaron efectos favorables sobre músculos lisos de arteriolas y fibras musculares estriadas, dando muy buenos resultados sobre trastornos circulatorios, estasis sanguínea y edemas. Sumados a estos efectos encontramos:

- Estimulación en complejos neuromusculares denervados.
- Hiperemia, se produce a nivel local (debajo del electrodo) como consecuencia de la irritación provocada por la corriente y la contracción muscular.
- Analgesia
- Modificación del ph con aumento de la diuresis
- Debido a la inhibición del sistema nervioso simpático, produce un aumento del flujo sanguíneo.

Cuando realizamos terapias con corrientes pulsantes es importante que realicemos,

previamente, una curva I/T; esto nos permitirá conocer los parámetros básicos, tales como, el estado del músculo (reobase, coeficiente de acomodación y cronaxia), la duración óptima del impulso para el tratamiento y el tiempo de aplicación. Para entender como confeccionar una curva I/T, debemos aclarar los términos:

- **Reobase.** Es la mínima intensidad capaz de producir un potencial de acción (generalmente se expresa en miliamperios)
- **Cronaxia.** Es el tiempo necesario para que una intensidad, doble de la reobase, produzca un efecto.
- **Coeficiente de acomodación.** Se obtiene como resultado de la división del umbral de acomodación por la reobase
- **Umbral de acomodación.** Es la intensidad necesaria para que un impulso provoque una mínima contracción.

11.9. Pautas para el tratamiento con corrientes exponenciales

- **Duración del pulso.** De 100 a 500 ms
- **Intensidad o dosis.** Hasta obtener una contracción del tejido muscular seleccionado. Intensidad demasiado elevada produce contracción de músculos cercanos no deseados
- **Frecuencia.** Evaluar la tolerancia a la fatiga del músculo, por lo general no supera 1 Hz.
- **Aplicación.** Al ser un músculo denervado, no hay un punto motor, la polaridad es indistinta, colocando los electrodos en forma longitudinal sobre el músculo; generalmente se opta por colocar en la región musculotendinosa distal
- **Técnica monopolar.** Se utiliza un electrodo dispersivo de un tamaño 10 veces mayor que el activo
- **Técnica bipolar.** Se utilizan electrodos del mismo diámetro

11.10. Corrientes Moduladas

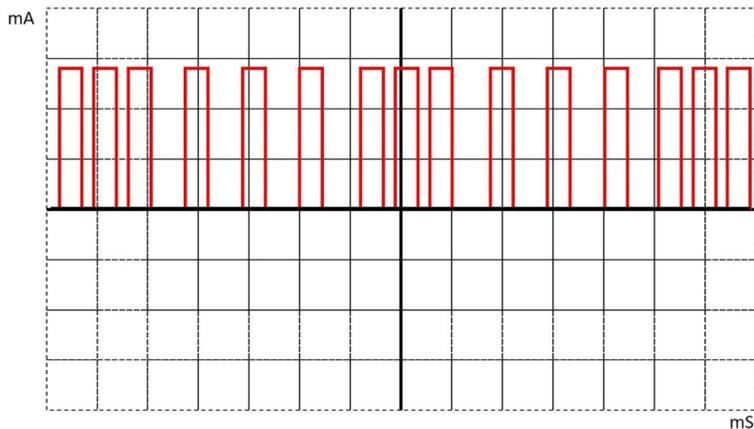
El impulso depende de la intensidad, duración, pendiente de establecimiento, cese, polaridad y periodicidad. Si una corriente tiene todos los intervalos iguales, la corriente es rítmica o periódica, sino es aperiódica. Cuando la corriente sigue un

determinado patrón de modificación, tenemos una corriente modulada, aunque a priori pudiera parecer aperiódica.

Estas corrientes moduladas no son homogéneas, porque los impulsos son diferentes unos a otros. Hay dos tipos principales:

11.11. Corrientes aperiódica de Adams

Los impulsos son rectangulares e iguales, solo modulados en la duración de los intervalos. Cada impulso dura un milisegundo y están agrupados en trenes de onda de 3 a 4 impulsos.

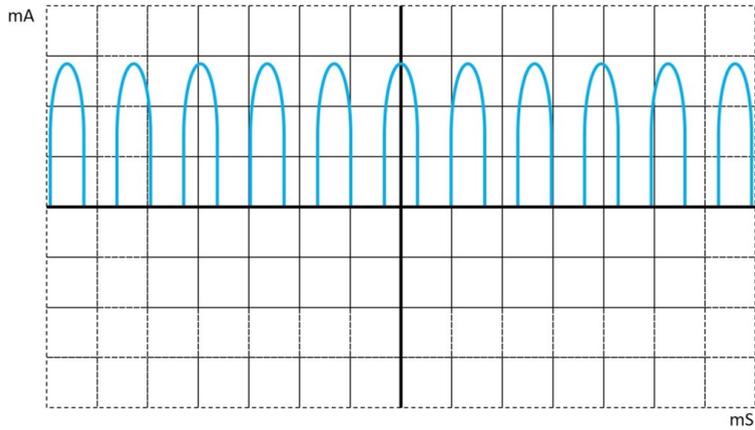


11.12. Corrientes diadinámicas

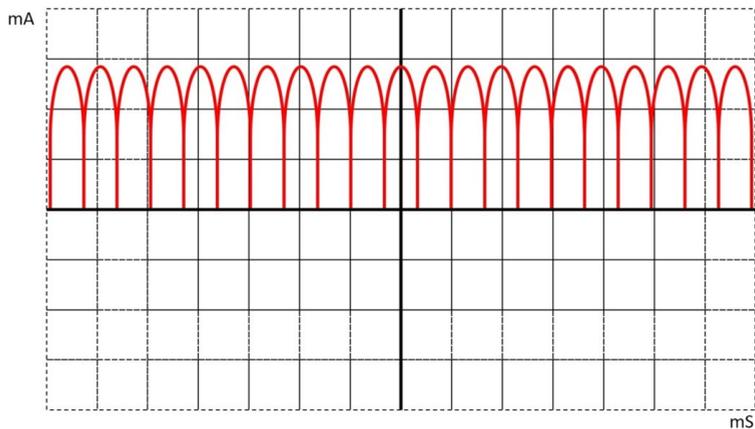
Esta corriente se presentó con fines, principalmente, analgésicos, lleva su nombre por su desarrollador, odontólogo francés Pier Bernard. Este grupo está formado por seis formas distintas de corrientes, caracterizadas por poseer una base similar, con ligeras modificaciones en la sucesión de sus impulsos, tornándolas un grupo de corrientes con pequeñas variaciones en sus efectos.

Clasificación

- **Monofásica fija (MF)**. Es una corriente continua, monofásica, en estado variable, hemisinusoidal, interrumpida y de baja frecuencia. Eliminación de la semionda negativa. Frecuencia 50 Hz., pulso de 10 microsegundos y pausa de 10 microsegundos

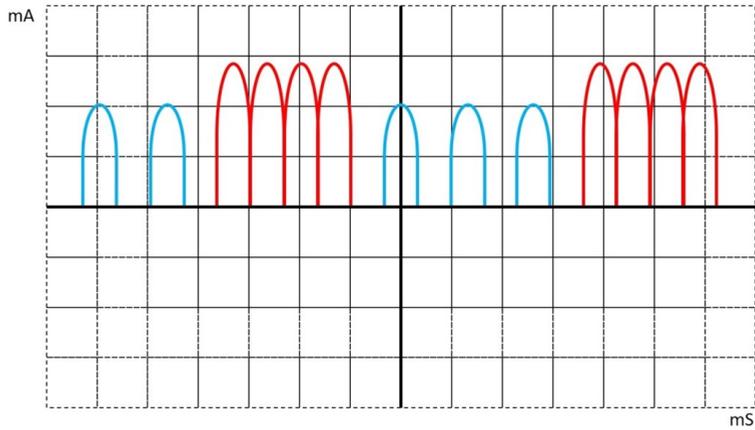


- **Difásica fija (DF)**. Es una corriente continua, monofásica, en estado variable, hemisinusoidal, ininterrumpida y de baja frecuencia. Conversión de la semionda negativa en positiva. Frecuencia 100 Hz.

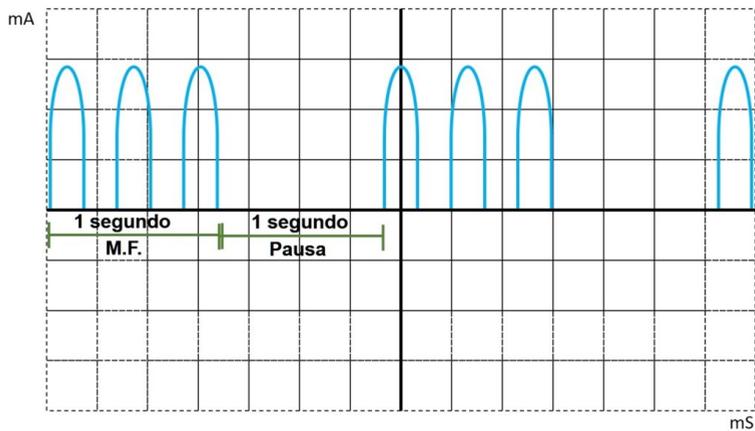


- **Largo periodo (LP)**. Es una corriente continua, monofásica, en estado variable, hemisinusoidal, ininterrumpida, modulada en intensidad y de baja frecuencia.

- Es MF y en sus pausas se incluyen impulsos que son crecientes y decrecientes. Cada 5 segundos incluye una corriente diferente.



- **Ritmo sincopado.** Es una corriente continua, monofásica, en estado variable, hemisinusoidal, interrumpida y de baja frecuencia. Emisión de un segundo de MF por un segundo de pausa.



11.13. Efectos terapéuticos

- Aumenta el riego sanguíneo
- Mejora el retorno venoso y linfático
- Prevención y eliminación de adherencias
- Analgésicas

- Reabsorción de edemas traumático
- Reeducación de la acción muscular

Elección de forma de onda

- Determinar el objetivo a tratar
- Iniciar siempre el tratamiento con DF
- Las diferentes formas de ondas favorecen un aumento de la intensidad del estímulo

Dolor severo	DF – LP
Dolor menos severo	DF – MF- LP
Dolor apenas perceptible	DF – LP –CP
Condición estabilizada	DF – CPid – CP

Técnicas de aplicación

Tratamientos de puntos dolorosos:

- Localización del punto doloroso.
- Electrodo negativo (-) sobre el punto doloroso y el positivo (+) cercano en un tejido menos sensible.
- No invertir polaridad.

Tratamiento de neuritis:

- Se realiza en áreas donde los nervios son superficiales.
- Electrodo positivo sobre la raíz nerviosa y negativo distal

Técnica de tratamiento

Seleccionar el tamaño del electrodo dependiendo de la zona a tratar.

Se puede tratar colocando los electrodos en:

- Zonas reflejas y puntos gatillo.
- Trayectos nerviosos.
- Regiones paravertebrales.
- Sobre masas musculares y los nervios son en forma longitudinal.

Pudiendo tener los siguientes parámetros:

- De duración corta y variable.
- DF no debe sobrepasar los 2 min y el resto los 6 min. Aún con la inversión de la polaridad no sobrepasar los 12-15 min.
- Ciclos de 15 sesiones a razón de 5 por semana en sesión única diaria

11.14. Técnicas de aplicación de los electrodos

Transversal

- Se utiliza en articulaciones
- Se debe invertir la polaridad
- Cuando se aplica en la región cervical se conoce como paravertebral



Tratamiento muscular

- Se colocan ambos electrodos en el mismo músculo.
- El negativo en el punto doloroso.
- En el caso de grandes grupos musculares diagonalmente.



Tratamiento del dolor

- Dolor severo - DF a intensidad que tolere el paciente.
- Dolor moderado – DF ó LP vigilando y subiendo lentamente la intensidad.
- Dolor leve - DF para continuar con LP o CP.

Polaridades de las corrientes diadinámicas

- El estímulo más fuerte procede del electrodo negativo (-), el electrodo positivo (+) es en general menos efectivo.
- Debe mantenerse un buen acople a la piel.
- En ocasiones el paciente percibe mejor el positivo, esto está dado por la composición bioquímica del medio circundante, otro aspecto que puede influir es la diferencia en nivel del umbral de los nervios sensoriales debajo de los electrodos positivo y negativo.

Inversión de la polaridad

- Cuando el paciente sufre un dolor difuso ejemplo: osteoartritis de rodilla debe tratarse ambos lados de la articulación.
- En grandes articulaciones.
- Deben utilizarse siempre las mismas ondas.
- Asegurase que al invertir la polaridad la intensidad llegue a 0

11.15. Indicaciones y Contraindicaciones

INDICACIONES

- Neuralgias.
- Contusiones.
- Esquinces.
- Artralgias.
- Mialgias.
- Herpes zoster.
- Síndrome del túnel carpiano.

- Ciatálgia.
- Síndromes compartimentales.
- Distrofia simpática refleja de sudeck.
- Tratamiento del edema (traumático).

CONTRAINDICACIONES

- Fiebre.
- Caquexia.
- Neoplasias.
- Tuberculosis.
- Embarazo.
- Marcapasos.
- Implantes metálicos

11.16. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Una publicación del año 1.998, con el título “Corrientes diadinámicas y galvánicas en el tratamiento de la disfunción temporomandibular”, utilizó a las corrientes diadinámicas por su efecto analgésico.

Se evaluó la efectividad de las corrientes diadinámicas y galvánicas en el tratamiento del dolor articular y muscular en pacientes con disfunción temporomandibular. Se utilizó el índice de dolor presente (IDP) para valorar el dolor antes y después del tratamiento.

La muestra fue de 30 pacientes, los cuales presentaron dolor articular, muscular o ambos. Los pacientes se dividieron en 2 grupos al azar: 15 pacientes para cada tratamiento.

Al inicio se indicaron 10 sesiones con una aplicación diaria para cada corriente, posteriormente se evaluó cada caso específico y si lo requería, se aplicaron sesiones extras, se estableció un máximo de 12 aplicaciones. Se obtuvo alivio total del dolor en 24 pacientes (80 % del total de tratados) y los 6 restantes tuvieron un alivio parcial llegando a un valor de (1) para el 20 %.

Con las corrientes diadinámicas (CD) 14 pacientes se aliviaron totalmente (93,3 %) y un paciente se alivió parcialmente (6,6 %), el cual acudió con un dolor muy intenso que dificultaba su concentración, es decir, con un índice de dolor (4). Con la corriente galvánica (CG) 10 pacientes se aliviaron totalmente para un 66,6 % y 5 se mantuvieron con un dolor valor (1), de los cuales 3 habían acudido con un dolor valor (4) y 2 con un dolor valor (3). Se destaca que la fisioterapia es aplicable en la primera etapa para eliminar o disminuir el dolor y posteriormente es necesario seguir el tratamiento común en los casos que se requieran, según el factor causal de la disfunción.

11.17. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición.

Zoraya E. Almagro Urrutia, Lourdes de los Santos Solano y Lázaro Lorán Rodríguez; (1998). Corrientes diadinámicas y galvánicas en el tratamiento de la disfunción temporomandibular. Rev Cubana Estomatol 1998;35(3):73-9

Regresar al Sumario

12. FISIOTERAPIA INVASIVA

12.1. Fisioterapia invasiva

A medida que evoluciona nuestra profesión, los agentes físicos continúan aportando sus beneficios, logrando obtener efectos fisiológicos que nos permite lograr mejores resultados, solo que en la actualidad hay mucha evidencia científica en la que nos podemos apoyar para justificar un tratamiento con ellos. Como analizamos anteriormente la World Confederation of Physical Therapy (WCPT), priorizar el movimiento como base para una vida saludable es fundamental, lo cual nunca se debe olvidar.

Orlando Mayoral fue el primero en utilizar el término de fisioterapia invasiva en el año 2001, para describir una técnica en la cual se utilizan agujas con fines diagnósticos o de tratamientos del dolor. Dentro de la misma encontramos técnicas tales como: punción seca, electrólisis percutánea musculoesquelética, las infiltraciones o la acupuntura. Durante el tratamiento a través de la fisioterapia invasiva, las agujas son los elementos activos, que pueden producir efectos mecánicos aislados como en el caso de la acupuntura y la punción seca o combinada con la electroterapia como sucede en la electrólisis percutánea o la neuromodulación percutánea; en el caso de la moxibustión, el calor es el agente físico que acompaña a la aguja.

Los fisioterapeutas que utilizan la fisioterapia invasiva como técnica de tratamiento, tienen su base en el razonamiento clínico integrando la evidencia científica con la experiencia clínica. Cada vez se encuentran más trabajos de investigación publicados, que tienen como base a la técnica invasiva, con resultados eficazmente satisfactorios, pero este es el comienzo de un largo camino.

La Confederación Mundial de Fisioterapia establece que la profesión de fisioterapeuta es la responsable de definir los alcances de la práctica y funciones referidas a la misma. Las Asociaciones Nacionales de Fisioterapia o títulos equivalentes (dependiendo de la región) son las encargadas de lograr el apoyo legal, a través de representantes legislativos en beneficio de sus miembros.

En Argentina, la legislación vigente, ampara esta práctica por parte de los licenciandos en kinesiología y fisioterapia:

Ley 17.132

Ley 24.317

Resolución 859/2008 (Argentina)

Artículo 1º

Están autorizados a realizar la práctica de la acupuntura los profesionales habilitados según la ley N° 17.132 (Normas para el Ejercicio de la Medicina, Odontología y Actividades de Colaboración), reglamentada por Decreto 6216/67 y los habilitados por la Ley N° 24.317 (del Ejercicio Profesional de la Kinesiología y la Fisioterapia) reglamentada por Decreto N° 1288/97.

Artículo 2º

Se reconoce a la acupuntura como práctica o procedimiento que puede ser realizado por un profesional de la salud de grado universitario debidamente capacitado y comprendido en las leyes citadas en el artículo 1º.

La Confederación de Kinesiólogos y Fisioterapeutas de la República Argentina había solicitado que la práctica de la acupuntura pueda ser realizada por los profesionales regidos por la Ley N° 24.317, reglamentada por Decreto N° 1288/97. La resolución fue publicada el 3 de septiembre del año 2.008

Pero no solo la ley debe acompañar a la práctica, también debe ir acompañada de una formación adecuada y la experiencia. En la actualidad hay diversos países en el mundo donde el fisioterapeuta o kinesiólogo no puede realizar dicha práctica, ya que no tiene una ley que lo autorice.

12.2. Medidas de seguridad

Para aumentar la seguridad en la práctica de la fisioterapia invasiva, ésta debe ir acompañada de medidas de seguridad y minimizar al máximo los riesgos para el paciente; es por esto que, se debe adoptar ciertas normas de protección.

Entorno de trabajo limpio

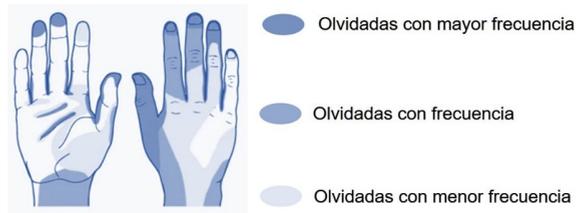
El espacio destinado a la práctica debe ser lo suficientemente amplio como para permitir llevar a cabo la técnica en forma segura, higienizado, iluminado, libre de polvo.

Higiene de las manos

Suele considerarse la intervención más importante para la prevención de la transmisión de los agentes infecciosos (bacterias, virus, hongos, etc.) y requiere de un aprendizaje correcto por parte del profesional. Las uñas deben estar cortas y limpias, no usar esmaltes, ni uñas postizas. Antes de la higiene y la práctica, asegurarse de no tener anillos en los dedos, pulsera o relojes y tener las mangas arremangadas o ser cortas

Técnica de lavados e higiene de las manos

Con el fin de asegurar una correcta higiene de las manos se recuerda las distintas zonas que durante nuestra práctica diaria de la higiene se suele olvidar.



A continuación, se muestra una guía para tener presente en la correcta técnica de higiene al realizar una práctica de fisioterapia invasiva

	Aplicar jabón desinfectante y frotar palma con palma		Frotar el dorso de la mano contra la palma de la otra mano
	Frotar los dedos entrelazados, repetirlos varias veces		Dobla los dedos, y con ellos frota la palma de tus manos
	Envuelve el pulgar y frota en movimientos giratorios		Con las yemas de los dedos frota la palma de la mano haciendo pequeños círculos

Una vez finalizado el procedimiento, se deberá enjuagar las manos con abundante

agua, secar las manos con una toalla descartable y con la misma toalla cerrar el grifo (debe realizarse antes de colocarse los guantes y al quitárselos). En caso de la utilización de una solución antiséptica de base alcohólica, se recomienda utilizar la misma técnica que en el lavado para asegurarse que la distribución de la solución sea la correcta.

Guantes

Con el objetivo de reducir aún más los riesgos de contaminación, se recomienda el uso de guantes durante todas las prácticas donde ocurriera exposición de sangre y/o fluidos, cuidando, de esta forma tanto al paciente como al profesional. Las características de los guantes son:

- Desechables de un solo uso
- No estériles y sin polvo
- Látex, nitrilo o vinilo (evaluar alergia al látex, tanto del paciente como el terapeuta)

Técnica para la colocación de los guantes



Sacar un guante, tocar solamente la superficie correspondiente a la muñeca y colocarse el primero de ellos.



Sacar el segundo con la mano sin guante, siempre tocando la superficie correspondiente a la muñeca. Tomar la superficie externa del segundo guante con los dedos doblados; de esa forma, se evita tocar el antebrazo con la mano enguantada. Una vez colocados no tocar ninguna nada que no esté definido por las indicaciones.



Para desecharlos. Tomar un guante a la altura de la muñeca sin tocar la piel del antebrazo y retirarlo de la mano. Sostener el guante con la mano enguantada y deslizar los dedos sin guantes entre el guante y la muñeca y enrollarlo hacia fuera de la mano, y por último desecharlos.

Preparación de la zona de trabajo

En principio la piel donde se colocarán las agujas (cualquiera sea la técnica) se recomienda su higiene, libre de heridas o infecciones, sin cremas, aceites o ungüentos. Para higienizar la zona de la piel donde se realizará el procedimiento, utilizar soluciones a base alcohólicas, la suficiente cantidad para cubrir toda la superficie a tratar, dejándola actualizar entre 30 segundos y dos minutos.

Almacenamiento de agujas

Se recomienda el uso de agujas y guías estériles y descartables, eliminándolas inmediatamente después de su uso en un descartador de agujas. Un descartador de agujas es un recipiente compuesto por un cuerpo y una tapa, donde se depositan todos los objetos cortopunzantes.



12.3. Criterios para la aplicación de las diferentes técnicas invasivas

La debida formación

Las diferentes técnicas que se denominan invasivas, requieren de la capacitación oficial regulada, y de esta forma adquirir las competencias necesarias.

Seguro de mala praxis

Consentimiento informado

Es obligación informar al paciente del procedimiento que se le va a practicar y solicitar que firme dicho consentimiento antes de la aplicación

Zona delimitada

Es preciso determinar la zona donde se realizarán las prácticas de fisioterapia invasiva, en condiciones idóneas.

El paciente

El paciente debe encontrarse en una posición cómoda y en decúbito, ya sea lateral, supino o prono. No es recomendable que se encuentre en posición de bipedestación por posible desvanecimiento. El fisioterapeuta deberá siempre tener una visión clara del rostro del paciente y una comunicación verbal permanente que le permita llevar un control del procedimiento. Solicitarle al paciente que se mantenga tranquilo y lo más inmóvil posible, de manera tal, de evitar movimientos bruscos que provoquen una lesión no deseada. Posterior a la práctica, brindar un tiempo al paciente para recuperarse de la misma, en especial si el paciente desarrolló durante el tratamiento algún tipo de reacción vasovagal.

Posterior a la aplicación

Aunque en la mayoría de las aplicaciones de la fisioterapia invasiva no suele presentar sangrando, igualmente, se recomienda realizar hemostasia durante 30 a 60 segundos luego de extraída la aguja y limpiar la zona con una solución con base alcohólica. Brindar toda la información necesaria al paciente sobre sensaciones o banderas rojas que debe tener presente, así como las indicaciones que debe seguir.

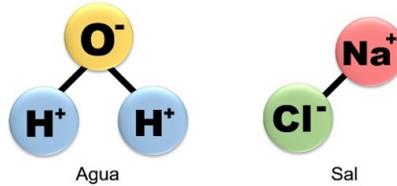
12.4. Electrólisis percutánea con corrientes micro galvánicas

Es una técnica que tiene como fin la autoreparación del tejido, mediante la aplicación de una corriente con componente microgalvánico en forma percutánea. El objetivo de la electrólisis percutánea con corrientes micro galvánicas es la de producir una respuesta inflamatoria controlada para activar así, la reparación de los tejidos.

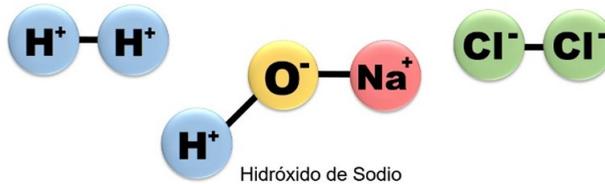
Al utilizar la corriente del tipo micro galvánica, tiene como propósito la producción de la electrólisis, consistente en la formación de una nueva molécula de cloruro de sodio (lejía orgánica), partiendo de la disociación de las moléculas existentes en los tejidos del cuerpo humano como los son el agua (H_2O) y la sal (Na-Cl). Para

lograr todos estos efectos, las características de la corriente en este caso son de baja intensidad o sea micro amperes (μA) pero alta densidad de la misma (2 a 3,5 mA/cm^2)

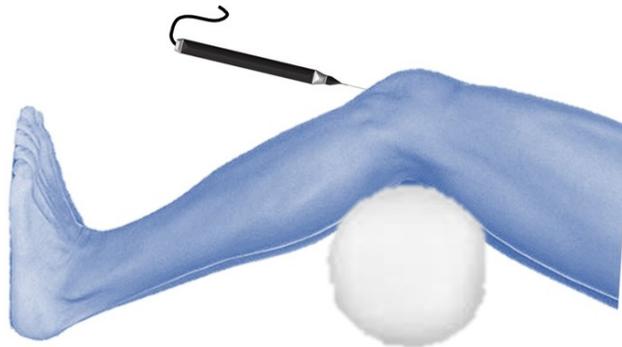
Antes de la aplicación de la corriente micro galvánica



Posterior a la aplicación de la corriente micro galvánica



Dentro de los efectos principales de la electrólisis percutánea con corrientes micro galvánicas, se encuentra la analgesia y la capacidad de producir la regeneración del tejido lesionado. Con muy buenos resultados en patologías, tanto agudas como crónicas.



12.5. Efectos fisiológicos

Cuando se realiza la técnica de la microelectrólisis percutánea se logran dos tipos de estímulos:

- Mecánico, a través de la aguja, desencadenando un complejo proceso de reparación para restituir la integridad de los tejidos.
- Eléctrico, a través de una alcalosis, provocando una inflamación aguda localizada y controlada.

La inflamación dependerá de la densidad de la corriente, de la duración del estímulo y de la capacidad de reacción del paciente, para lo cual se estableció una fórmula:

$$\text{Efecto} = \text{Densidad} \times \text{Tiempo} \times \text{Capacidad de reacción}$$

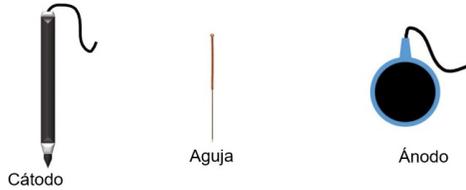
En el caso de las agujas, se podrá determinar la densidad de corriente conociendo sus medidas como se ejemplifica en el cuadro siguiente:

Longitud	Diámetro	Superficie	Densidad de energía
1,3 cm	0,22 mm Ø	0,09 cm ²	0,3 mA
2,5 cm	0,30 mm Ø	0,24 cm ²	0,6 mA
4 cm	0,32 mm Ø	0,40 cm ²	0,9 mA

Por ejemplo, si la corriente micro galvánica se aplicara con una aguja de 1,3 cm de longitud, diámetro de 0,22 mm y cuya superficie es de 0,09 cm², va a generar una densidad de corriente de 0,3 mA o 300 micro amperes.

12.6. Técnica de aplicación

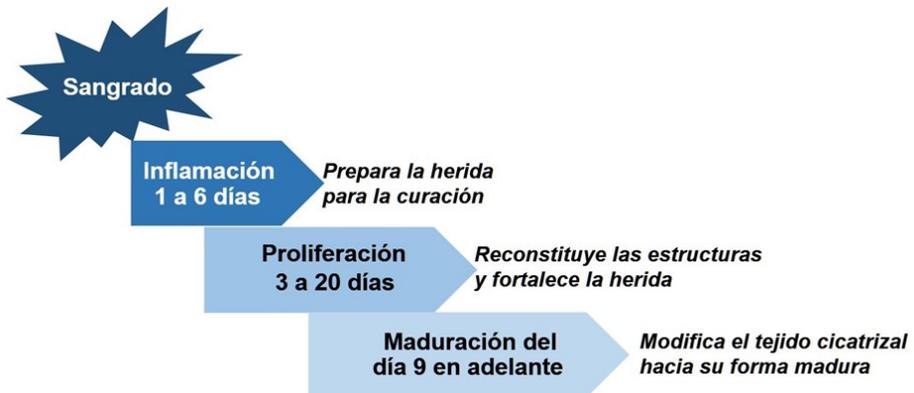
Para llevar a cabo el tratamiento se necesita un equipo de características específicas que emita este tipo de corriente. Está compuesto por un electrodo de goma conductora (ánodo) y un mango en el que se introduce una aguja (cátodo). La circulación de la corriente a través de estos componentes logra la reacción química en el organismo.



Bajo el ánodo	Bajo el cátodo
Reacción ácida	Reacción alcalina
PH bajo	PH alto
Quemadura de tipo ácido	Quemadura de tipo alcalino
Coagulación	Licuefacción
Vasoconstricción	Vasodilatación
Sedación	Irritación
Nivel de polarización de membrana bajo	Nivel de polarización de membrana alto
Actividad metabólica baja	Actividad metabólica alta
Absorción de calor	Liberación de calor

El ánodo permanecerá fijo durante todo el tratamiento y el cátodo será el elemento móvil, el cual será manipulado por el fisioterapeuta para lograr la cobertura del tejido lesionado, y la corriente llegue correctamente.

Si tenemos en cuenta el proceso natural de recuperación y regeneración en la respuesta inflamatoria del organismo, y recordamos que la inflamación tiene un tiempo aproximado de entre 6 a 7 días, es justamente éste el tiempo que debemos esperar entre una aplicación y la siguiente.



En la actualidad, muchos autores coinciden en aplicar cualquier técnica percutánea, únicamente si se lo hace en forma ecoguiada.

12.7. Electrólisis percutánea intratisular con corrientes galvánicas

La electrólisis percutánea intratisular con corrientes galvánicas tiene el mismo fundamento detallado en la técnica realizada con corrientes micro galvánicas, pero con la diferencia de que se utilizan corrientes continuas en intensidades de mA (mili amperes) y no micro amperes.

Como sucede en la técnica percutánea, existe un efecto mecánico producido por la introducción de la aguja de acupuntura, que en este caso accionará como electrodo móvil, y es justamente ese movimiento lo que genera un proceso denominado mecanotransducción.

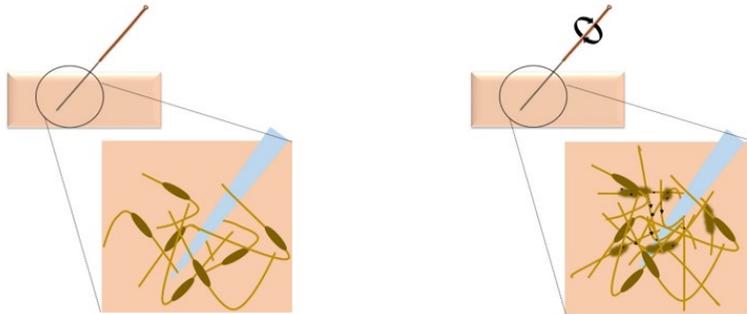
Esta mecanotransducción provocará una deformación de la matriz extracelular, mediante la cual se activarán receptores aferentes.

Esta alteración actúa sobre la estructura formada por la actina de los fibrocitos, convirtiéndolos en miofibroblastos contráctiles y provocan una deformación adicional de la matriz.

Al activar los fibrocitos, mediante los movimientos de la aguja, accionan una cascada de transducción de señal, la activación de los canales iónicos y de las vías de señalización intracelulares mediante las denominadas cinasas reguladas extracelularmente, así como la modificación de la expresión de diferentes genes que codifican componentes de la matriz extracelular, como la tenascina C o el colágeno tipo XII, y la síntesis y secreción de proteínas que actúan sobre las células presentes en el tejido conjuntivo.

Los fibrocitos también interactúan con las fibras de tejido conjuntivo a través de las moléculas de integrina, que atraviesan la membrana celular conectando de esta forma el citoesqueleto de las células con la matriz extracelular, todo ello unido a la acción de las metalproteinasas, que producen la destrucción, formación y transformación de la propia matriz extracelular.

Todo este proceso da como resultado una reorganización local del tejido conjuntivo.



Además del efecto mecánico y electroquímico, ambos descriptos arriba, se suma el efecto electro físico a través de la migración de proteínas, lipoproteínas, células cargadas eléctricamente, etc. hacia uno de los polos, sin que esto implique la modificación molecular de estas estructuras, este efecto se rige por la ley de cargas eléctricas.

Y por último, el efecto electro termal, debido al paso de la corriente galvánica, provoca una agitación o micro agitación de las partículas cargadas eléctricamente y como resultado, provoca una fricción entre las mismas con el consecuente aumento de la temperatura, cabe aclarar que la aguja no sufre modificación en temperatura, sino el tejido alrededor.

12.8. Neuromodulación percutánea

Esta técnica invasiva se basa en la estimulación eléctrica, a través de una aguja, de un nervio periférico en algún punto de su trayecto, o bien de un músculo en un punto motor con un objetivo terapéutico.

A través de la corriente de baja o media frecuencia se busca una respuesta sensitiva y/o motora al estimular el nervio periférico. Cuando estimulamos un punto motor en un músculo obtenemos una respuesta no controlada, denominada anárquica y a su vez exagerada, pero que desaparece una vez suspendida la aplicación. Los parámetros que se utilizan para estos tratamientos, no están definidos unánimemente en la actualidad; por lo tanto, hay que apoyarse en la evidencia científica.

Los objetivos que presenta un tratamiento de neuromodulación percutánea son: los de disminuir el dolor, restablecer la función del sistema nervioso (periférico, central, somático, autónomo, sensorial, motor, vascular, glandular y visceral) y la de mejorar los patrones de reclutamiento muscular el control motor.

Las teorías en las que se basa la neuromodulación percutánea son:

- Control de la puerta de entrada a nivel del asta dorsal medular o los centros supraespinales, buscando la inhibición de aferencias nociceptivas primarias transmitidas por fibras A δ y fibras tipo C, a través de la estimulación no nociceptiva.
- Interrupción antidrómica (conducción contraria al fisiológico) de estímulos aferentes nociceptivos provenientes de tejidos periféricos.
- Inhibición de la actividad espontánea de neuromas.
- Modulación de la neuroplasticidad en el asta dorsal medular, el tracto espinotalámico o los centros supraespinales.
- Cambios en el tono de la musculatura lisa, tanto en el tejido vascular como no vascular, asociados a cambios en la activación neurohumoral debido a una modulación de niveles de óxido nítrico (NO), que como sabemos, el óxido nítrico contiene L-arginina y sirve para mejorar la recuperación muscular, la resistencia, la quema de grasa corporal, aumentar el flujo sanguíneo en los músculos y mejorar su congestión.

12.9. Punción seca (dry needling)

Es una técnica que consiste en la aplicación de agujas en forma percutánea sin la participación de ningún tipo de fluidos (ni ingreso ni egreso), con el solo beneficio del efecto mecánico de la aguja. Es una técnica muy utilizada ante la presencia del síndrome de dolor miofascial (SDM), siendo una de las principales indicaciones.

Esta terapia tiene diferentes técnicas y modalidades de aplicación para el tratamiento SDM. Solo se procederá a nombrarlas sin profundizar en ellas:

- Técnica de punción seca superficial de Baldry
- Técnica de punción seca subcutánea de Fu
- Técnica de punción seca profunda de entrada y salida rápida de Hong
- Técnica de estimulación intramuscular de Gunn
- Técnica de punción seca profunda de liberación con aguja mini bisturí.

El mecanismo de acción de la punción seca superficial, sería a través de la analgesia por hiperestimulación, la cual consiste en aplicar un estímulo nocivo en el sistema nervioso para aliviar el dolor induciendo la activación de complejos mecanismos

endógenos moduladores del dolor. En el caso del mecanismo de acción de la punción seca profunda, tendría relación directa entre una respuesta de espasmo local y la eficacia terapéutica de la misma, provocando una serie de posibles respuestas:

- Lavado de sustancias nociceptivas y sensibilizantes producido por la respuesta de espasmo local.
- Elevación del pH.
- Ruptura mecánica de las fibras y/o de las placas motoras afectadas.
- Estiramiento local de las estructuras citoesqueléticas contracturadas.

12.10. Indicaciones, contraindicaciones y posibles complicaciones

Las indicaciones y contraindicaciones descritas abajo, son para todas las terapias percutáneas, diferenciadas por la intervención de la corriente.

INDICACIONES

- Síndrome del manguito rotador
- Tendinitis del supraespinoso
- Epicondilitis
- Epitrocleitis
- Síndrome femoro patelar
- Tendinitis rotuliana
- Tendinitis aquiliana
- Pubalgia
- Ruptura fibrilar
- Fascitis plantar
- Rizartrosis
- Dedo en resorte
- Fibrosis
- Punto gatillo

- Dolor neuropático en cicatrices
- Síndrome pseudocompartimental

CONTRAINDICACIONES

- Embarazadas
- Artritis reumatoidea
- Infecciones
- Cardiopatías
- Úlceras cutáneas
- Infecciones en la piel
- Marcapasos
- Procesos oncológicos
- Tromboflebitis
- Glándulas endocrinas
- Alergias al metal
- Queloides
- Antibióticos
- En contacto directo con una endoprotesis u osteosíntesis
- Belonefobia: las personas con fobias a las agujas

POSIBLES COMPLICACIONES

- Dolor exagerado
- Sangrado
- Hematoma
- Reacciones vegetativas
- Aguja doblada
- Aguja bloqueada
- Aguja rota

- Pérdida de agujas
- Quemaduras
- Infección local
- Neumotórax
- Convulsiones
- Lesiones en órganos
- Lesiones en nervios
- Pinchazo accidental
- Reacción alérgica
- Shock anafiláctico

12.11. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Dentro de los trabajos de investigación, se encuentra uno, que por su particularidad en el objeto de estudio interesa de sobre manera. Este trabajo lleva por título Galvanic current dosage and bacterial concentration are determinants of the bactericidal effect of percutaneous needle electrolysis: an in vitro study. El objetivo de esta investigación estaba centrada en la dosis de corriente galvánica y la concentración bacteriana, ya que la hipótesis se orientaba a que estos datos determinaban el efecto bactericida de la electrólisis percutánea.

García-Vidal J.S. et al. explicaron que la electrólisis percutánea con aguja (PNE) es un enfoque novedoso y mínimamente invasivo que implica la aplicación de una corriente eléctrica galvánica a través de una aguja. Este procedimiento genera diferentes moléculas alcalinas, capaces de generar una ablación electroquímica no térmica por flujo catódico directamente en el tejido afectado. Para realizar el estudio in vitro, seleccionaron una colonia de bacterias, las cuales fueron incubadas por 24 horas a 37° C (*Staphylococcus aureus*), que luego fueron incorporadas a una suspensión de solución salina para proceder a los experimentos. La corriente galvánica fue utilizada en intensidades que iban de 1,5 mA a los 12 mA y aguja de 0,32 x 30 mm, tratando de simular, tanto las intensidades como el electrodo activo utilizado en la técnica.

El equipo llegó a la conclusión de que la PNE tiene un efecto bactericida contra *Staphylococcus aureus* y el nivel de este efecto está modulado principalmente por

la solución, la concentración bacteriana y la dosis. Sin embargo, las aplicaciones en solución salina con bajas concentraciones bacterianas generaron una muerte bacteriana casi total, independientemente de la dosis aplicada. Los cambios de PH son modulados por la solución independientemente de la dosis utilizada. El pH medio de la solución salina después de la electrólisis fue consistentemente mayor que el utilizado en la solución caldo de soja triptico (TSB) como control. Sin embargo, no existe relación entre la basificación del medio y el efecto bactericida.

Otro estudio publicado por Valera-Calero J.A. et al. tenía como objetivo determinar la eficacia a corto plazo de la electrólisis percutánea de alta y baja intensidad en pacientes con síndrome de dolor patelofemoral. Fue realizado a través de un ensayo controlado aleatorio, triple ciego, en quince pacientes con SDPF unilateral que fueron asignados al azar al grupo experimental de electrólisis percutánea de alta intensidad (HIPE), grupo experimental de electrólisis percutánea de baja intensidad (LIPE) o grupo de control activo DN. Todas las intervenciones se realizaron en el punto gatillo miofasciales (PGM) más activo, en el músculo recto femoral. El grupo HIPE recibió una corriente galvánica de 660 mA durante 10s, el grupo LIPE 220 mA \times 30s y el grupo DN no recibió corriente galvánica. Los umbrales de presión del dolor (PPT) del tendón rotuliano y la percepción subjetiva del dolor anterior de la rodilla (SAKPP). Se evaluaron antes, después y 7 días después de la única intervención. Además, también se evaluó el dolor percibido durante la intervención.

La electrólisis percutánea de alta intensidad (HIPE) y la electrólisis percutánea de baja intensidad (LIPE) inducen cambios en los umbrales de presión del dolor en los PGM y en el tendón rotuliano; disminuyendo la percepción desagradable en la cara anterior de la rodilla. Parecen producir menos sensación molesta durante la intervención en comparación con el grupo que no recibió corriente galvánica.

12.12. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed.

García-Vidal J. A.; Salinas J.; Escolar-Reina P.; Cuello F.; Ortega N.; Berná-Mestre J.; López-Nicolás M.; Valera-Garrido F. & Medina-Mirapeix F. (2021). Galvanic current dosage and bacterial concentration are determinants of the bactericidal effect of percutaneous needle electrolysis: an in vitro study. *Scientific Reports*. Volumen 11, Artículo N^o 18977.

Plaja J. (1998). *Guía práctica de electroterapia*. Barcelona: Editorial Carin.

Rodríguez Martín J.M. (2004) *Electroterapia en fisioterapia*. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2^o Edición.

Valera-Calero J.A.; Sánchez-Mayoral-Martín A.; Varol U. (2021). Short-term effectiveness of high- and low-intensity percutaneous electrolysis in patients with patellofemoral pain syndrome: A pilot study. *World J Orthop*. 12(10):781-790.

Valera Garrido F.; Mnaya Muños F. (2017) *Fisioterapia Invasiva*. Barcelona, España: Elsevier 2^o Edición.

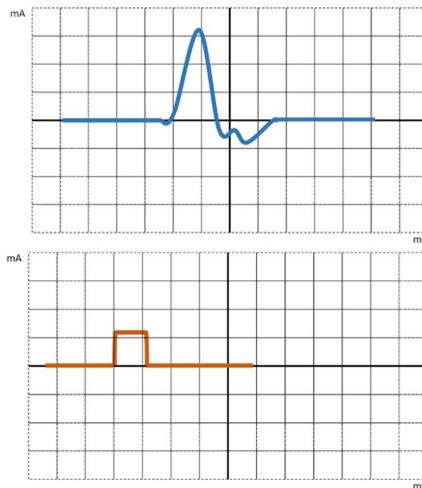
Regresar al Sumario

13. CORRIENTES DE MEDIA FRECUENCIA. INTERFERENCIALES Y DE KOTZ

13.1. Corrientes Interferenciales

En la década de los años cincuenta, las corrientes interferenciales o corrientes de media frecuencia con voltaje modulado fueron desarrolladas por el científico austriaco Ho Nemeč con la idea de utilizar la corriente de baja frecuencia con su máxima intensidad posible, pero que solo ocurriera en la profundidad del cuerpo, logrando una sensible disminución de la sensación eléctrica en la superficie de la piel del paciente. Las fibras nerviosas, al ser estimuladas por corrientes de baja frecuencia, van a dar como resultado una despolarización sincrónica de la fibra nerviosa en consonancia con la frecuencia de la corriente. Alves Guerreiro, en el año 2.001, explica que cada impulso de corriente directa o alterna causa una despolarización de la fibra nerviosa (siempre que la duración y la intensidad del impulso sean suficientes).

Despolarización sincrónica, es el nombre que recibe el fenómeno provocado por el estímulo de la corriente de baja frecuencia que generarán potenciales de acción, en el nervio, a un ritmo similar de la frecuencia de la corriente.

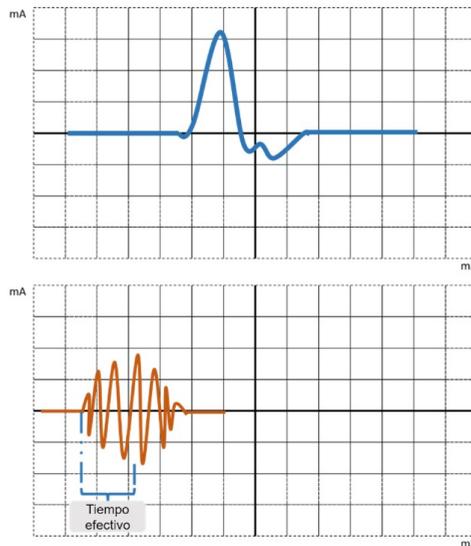


En azul, despolarización de una fibra nerviosa; en marrón, el estímulo a través de un impulso rectangular de una corriente de baja frecuencia.

Es sabido que cada fibra nerviosa tiene una frecuencia de despolarización máxima, determinado por el periodo refractario. En las fibras nerviosas tipo II (mielinizadas gruesas), por ejemplo, oscilan entre los 800 Hz y 1.000 Hz. Esto quiere decir que si la corriente presenta una frecuencia mayor a los 1.000 Hz; algunos de esos impulsos estarían actuando durante el periodo refractario de la fibra nerviosa; por lo tanto, no provocarían despolarización. Este caso es conocido como despolarización asincrónica.

En la estimulación con las corrientes de media frecuencia, luego de cada ciclo o conjunto de impulsos de corriente la diferencia de potencial del nervio disminuirá ligeramente y se aproximará al valor umbral o normal, sin embargo, tras un cierto número de ciclos, se llega al valor umbral, lo cual provocará una despolarización del nervio, según la ley del todo o nada.

En consecuencia, va a ser necesario que se produzca la suma de varios ciclos o impulsos para que se provoque la despolarización de la fibra nerviosa. Este efecto lleva el nombre de Gildemeister, quien investigó la estimulación del nervio por parte de estímulos subliminares.



En azul, despolarización de una fibra nerviosa; en marrón, el estímulo a través de un conjunto de impulsos de media frecuencia.

13.2. Inhibición de Wedenski

Si durante la estimulación uno o más impulsos de la corriente eléctrica coinciden con el período refractario, la repolarización de la fibra nerviosa dentro de ese período resulta más difícil o imposible. Debido a esta inhibición la vuelta del potencial de membrana del nervio a su estado de reposo tarda cada vez más tiempo, hasta que al final no lo alcanza. Para evitar este tipo de inhibición, lo que se debe hacer es interrumpir la corriente después de cada despolarización.

Corrientes de media frecuencia	Corrientes interferidas
<ul style="list-style-type: none">✓ Regulación funcional sobre órganos internos.✓ Acción antiinflamatoria en derrames y edema.✓ Mejoría del metabolismo.✓ Para evitar la acomodación:<ul style="list-style-type: none">- aumentar la intensidad.- variar la frecuencia.	<ul style="list-style-type: none">✓ Disminución del dolor.✓ Normalización del balance neurovegetativo con relajación y mejoría de la circulación.✓ Estimula fibras nerviosas aferentes.✓ Acomodación (el paciente se adapta a la corriente).

13.3. Modulación en las corrientes interferenciales

Para evitar la fatiga de la placa motora terminal y así permitir la repolarización del nervio, se sugiere la interrupción de la corriente luego de que ocurra una despolarización. Este aumento y esta disminución rítmicos de la intensidad se conocen como modulación de la amplitud.

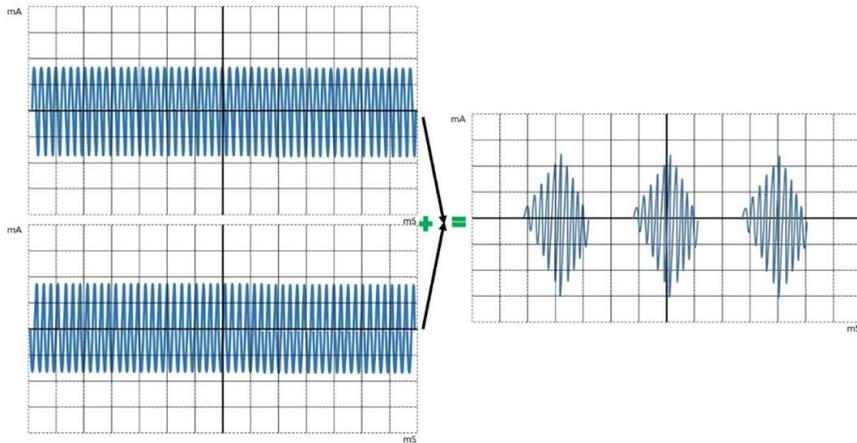
Maya Martín, en el año 1.998, definió a las corrientes interferenciales como, la aplicación transcutánea de corrientes alternas de frecuencia media cuya amplitud se modula a una frecuencia baja con fines terapéuticos. Es por esto, que la teoría de las corrientes interferenciales se refiere a que los componentes actúan simplemente como corrientes transportadoras hacia la profundidad de los tejidos.

Las corrientes interferenciales modulan su frecuencia mediante AMF (amplitud de modulación de la frecuencia), fenómeno que ocurre cuando se aplican dos o más oscilaciones simultáneas en el mismo punto o serie de puntos.

Las corrientes interferenciales clásicas proceden de una portadora con corrientes alternas, sinusoidales de media frecuencia que oscilan alrededor de 4.000 Hz. En dos circuitos eléctricos que se cruzan, se mezclan o interfieren entre sí, con las características básicas de que entre ambos circuitos tiene que existir una diferencia en frecuencias (por encima o por debajo) de + 100 Hz en los equipos de primera

generación, y de + 250 Hz en los más modernos. Circunstancia que es aprovechada para obtener una nueva frecuencia equivalente a la diferencia entre las originales, debido al referido efecto interferencia o batido.

Se entiende por interferencia a la superposición de una corriente alterna sobre otra.



La interferencia de dos corrientes de media frecuencia, al circular a diferentes frecuencias, hay puntos donde se suman y otros donde se anulan de manera controlada o previsible

Ejemplo

$f_1 = 4000 \text{ Hz.}$

$f_2 = 4150 \text{ Hz.}$

$$f_2 - f_1 = \text{AMF}$$

$$4150 \text{ Hz.} - 4000 \text{ Hz.} = 150 \text{ Hz.}$$

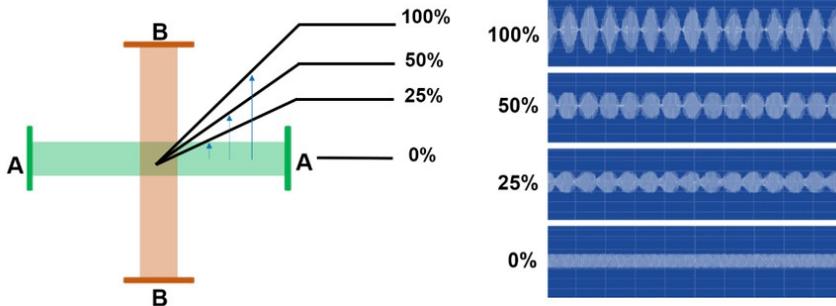
Frecuencia del tratamiento es de 150 Hz.

En conclusión, las corrientes interferenciales, consisten en la aplicación simultánea de 2 corrientes de frecuencia media, de intensidad constante y que presentan una diferencia entre ambas. La interferencia, en el interior del cuerpo, da como resultado una corriente de baja frecuencia.

Profundidad de modulación e intensidad: la modulación de la amplitud se caracteriza no solo por la frecuencia de modulación sino también por la profundidad que puede variar de 0-100%. En el caso de que se utilicen cuatro polos (técnica tetrapolar), se aplica el principio que refiere a que dos circuitos iguales se cortan

en un ángulo de 90° , la fuerza resultante máxima se encuentra en la mitad, a 45° diagonal desde cada circuito.

En base a este principio, la profundidad de la modulación de las corrientes interferenciales, en la técnica tetrapolar, va a depender de la ubicación de los cuatro electrodos.



Profundidad de la modulación en las corrientes interferenciales- 100 % en la diagonal a 45° entre las dos corrientes

Bipolar:	Tetrapolar:	Tetrapolar con rastreo de vector automático:
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utiliza 2 polos. ✓ La corriente interfiere en el aparato. ✓ Profundidad de modulación del 100 %. ✓ La amplitud es de 0-100 %, es mayor en la línea que une dos electrodos y 0 en la perpendicular de dicha línea 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 4 polos. ✓ La corriente interfiere en el tejido. ✓ La profundidad de la modulación depende de la dirección de la corriente y varía de 0-100 % si la superposición es perpendicular es del 100 % en las diagonales de 45°. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se creó para aumentar el área de estimulación efectiva. ✓ Incorpora el denominado vector interferencial o de rastreo de vector automático, para aumentar la región de estimulación efectiva. ✓ Consiste en variar la intensidad de uno de los circuitos entre el 50 y el 100 % del valor máximo ajustado y por lo tanto, el área donde la profundidad es del 100 % - diagonal de 45° -, rota hacia atrás y hacia delante en la región de intersección; de este modo aumenta el área de estimulación efectiva.

13.4. Técnicas de aplicación

Método de bipolar (dos polos):	Método tetrapolar (cuatro polos):
La interferencia se produce dentro del equipo y sale una corriente resultante donde la profundidad de la modulación tiene el mismo valor en toda dirección y es de un 100 % (máxima intensidad), siendo mayor en la línea que une a los electrodos.	Se utilizan 4 polos y el equipo suministra 2 corrientes alternas moduladas en circuitos separados. La corriente se interfiere en el tejido tratado. La profundidad de modulación depende de la dirección de los circuitos variado de 0 - 100 %, en el caso que la superposición sea perpendicular, la modulación es de 100 % en las diagonales; es por esto que es muy importante la ubicación de los electrodos. Para estimular tejidos profundos (músculos, tendones, periostios, bolsas) debe tener poca acción sobre la piel y efecto profundo. Este efecto se obtiene con la corriente alterna de frecuencia media.

Bipolar



Tetrapolar



Técnica utilizada en el modo analgésico, por ejemplo en una afección del nervio ciático.

Cualquiera sea la técnica de aplicación de los electrodos seleccionada, siempre hay que considerar la sensación del paciente al percibir la corriente, de una leve sensación de hormigueo o percepción de la corriente (dosis mitis), una sensación más fuerte y tolerable sin provocar desagrado (dosis normal) y la apenas tolerable (dosis fortis), cualquiera de las intensidades queda a criterio del fisioterapeuta con la evaluación correcta de la lesión, el objetivo deseado y las características propias de cada paciente.

Aplicar en los puntos dolorosos, para detectar cuales son estos puntos dolorosos, debemos saber que tiene que tener las siguientes características, ser sensible, se limita a un punto, no está relacionado con ninguna estructura anatómica, puede encontrarse dentro o fuera de la del área afectada, etc. Una de las técnicas de aplicación sugerida, es la de colocar de forma fija un electrodo grande en la zona cercana a los puntos dolorosos señalados por el paciente, y con un electrodo más pequeño o tipo lápiz recorrer la zona, posibilitando la aparición de otros puntos dolorosos que tengan o no relación con la lesión, pero que deben ser tratados de igual forma.

Aplicación en los nervios, de forma selectiva, permite tratar los nervios. Algunos autores sugieren que para tratar nervios grandes, como el ciático es el bipolar, siempre y cuando sea el tratamiento solo en la raíz de este nervio. De otra forma conviene elegir la técnica tetrapolar, colocando los electrodos a lo largo del trayecto del nervio (como se muestra en la foto superior), alternando los polos de los dos canales a los largo del miembro inferior. Cuando tratemos nervios más pequeños, es recomendable la técnica de dos polos, uno fijo y el otro buscando el trayecto doloroso, como por ejemplo, en el nervio trigémino.

Aplicación paravertebral, cuando el paciente presenta dolor local, cervical, hipertonía de los músculos que actúan dando estabilidad al tronco o a veces, inclusive trastornos del equilibrio neurovegetativo, se pueden colocar los electrodos (dos o cuatro) en zonas paralelas y cercanas a la columna o sobre la misma.

Las corrientes interferenciales, también pueden ser utilizadas con fines exploratorios. Esta técnica consiste en colocar un electrodo fijo grande y el electrodo pequeño utilizarlo para la exploración. Una vez fijada la frecuencia y la intensidad donde el paciente perciba la corriente como una vibración, se comienza a desplazar el electrodo activo a lo largo de la columna en dirección caudal y comparativamente en ambos lados de la columna vertebral, en el miotoma hiperestimulado el paciente dejará de percibir la vibración para comenzar a sentir un dolor de tipo presión profunda.

Aplicación muscular, ya que el objetivo en este caso debe estar marcado por la intención de lograr tonificar, mejorar la circulación, fortalecer o relajar la musculatura.

13.5. Tipos de estimulación

El efecto de acomodación es un fenómeno por el cual el paciente experimenta la disminución o desaparición de la sensación que provoca la corriente debido a que se presenta como un estímulo invariable o constante.

Para evitar esta efecto, existen dos opciones, modificar la intensidad o variar la frecuencia; a diferencia de lo que sucede con las corrientes de baja frecuencia, el aumentar la intensidad no llegará a generar un efecto galvánico, pero si una fuerte contracción de características tetanizante.

Por lo cual, lo conveniente es variar la frecuencia, como mecanismo para evitar el efecto de acomodación, Bernard fue el pionero en los tratamientos modificando las frecuencias, generando combinaciones entre las corriente difásicas fijas (DF 100 Hz) y monofásicas fijas (MF 50 Hz), modulándolas a través de cortos y largos periodos.

Las corrientes interferenciales pueden ser programadas para generar un barrido de frecuencias, con el objetivo de evitar el efecto de acomodación.

Dentro de los espectros de frecuencia utilizados, se sugiere para casos crónicos un espectro amplio con una amplitud de la frecuencia modulada (AMF) baja superponiendo un espectro estrecho con una AMF alta para evitar el efecto de acomodación.

Diversos autores, como Maya Martín y Albornoz Cabello, sugieren diferentes combinaciones modulando los parámetros,

Programa 1/1

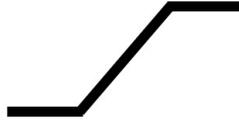
La AMF permanece en la frecuencia base durante 1 segundo y después cambia súbitamente a la frecuencia más alta, que también se mantiene durante 1 segundo. Genera una hiperemia superficial marcada y bien perceptible apenas termina el tratamiento.

Recomendado en tratamiento de dolores crónicos o sub agudos



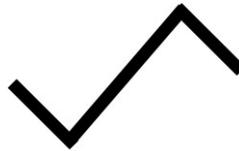
Programa 30/1/30/1

La frecuencia básica se mantiene durante 30 segundos, después se recorren todas las frecuencias del espectro ajustado durante 1 segundo hasta llegar a la frecuencia más alta, que se mantendrá durante 30 segundos, y para finalizar la AMF vuelve durante 1 segundo al valor más bajo. Produce una sensación más suave y agradable en el paciente, por lo cual esta sugerido en aquellos que sufren dolores agudos



Programa 6/6

Las frecuencias no se mantienen constantes, sino que cambian continuamente. Lo que sucede es que durante los primeros 6 segundos la frecuencia aumenta hasta la más alta ajustada, y durante los siguientes 6 segundos disminuye hasta la frecuencia más baja ajustada. Sensación más en relación a los otros dos descriptos anteriormente.



Los equipos, según las marcas, presentan diversos tipos espectros en sus programas, lo que genera que el profesional seleccionará el más conveniente de acuerdo con las características de la lesión y el paciente.

Bandas de barrido

- **0-10 Hz (2-5 Hz)** se produce excitación rítmica y vibratoria que induce deformaciones repetitivas en diferentes direcciones, estimulando elasticidad y liberación.
- **0-100 Hz** por el efecto muscular se producen tensiones o tracciones más prolongadas y se movilizan valvas venosas y linfáticas. Se sugiere su utilización en afecciones crónicas o sub agudas. Se logra un barrido de frecuencias de extremo a extremo.

13.6. Efectos fisiológicos de las corrientes interferenciales

1 - 10 Hz Provocan contracción muscular. Esta frecuencia es conveniente para ejercicios musculares. Actúa sobre atrofia por inmovilización, o por degeneración parcial del sistema neuromuscular.

10 - 25 Hz Estimulación del sistema venoso periférico. Actúa sobre el edema y complementa en la reeducación en caso de atrofia por inmovilización.

25 - 50 Hz Se utiliza para reforzar el tratamiento de la atrofia muscular, considerándolo como una tercera etapa del mismo. Estimula la actividad músculo esquelética activando la contracción muscular (tetania). Con frecuencia de 50 Hz recluta fibras musculares tipo II (mixtas).

50 - 100 Hz Indicada para los tratamientos del dolor con características de crónicas (50 – 60 Hz) o sub agudas (80 – 100 Hz). Analgesia con largo tiempo de duración.

80 - 100 Hz Como se explicó, está indicada en dolores del tipo sub agudo provocando analgesia de corto tiempo de duración. Posee una acción sedante sobre las perturbaciones neurovegetativas, debido a su acción simpaticotónica (6 – 12 Hz)

1 - 100 Hz frecuencia 15 segundos. Produce un paso rítmico de frecuencia tonificante, hipotonía y excitación - sedación, eritema activo superficial y profundo, estimula circulación linfática, activa el metabolismo, actúa sobre el edema y hematomas.

100 – 160 Hz Se recomienda su aplicación en dolores del tipo agudo, en lesiones muscular, insercional y articular reciente. Logra la analgesia rápidamente pero de poca duración.

Baja frecuencia: procesos subagudos y crónicos.

Alta frecuencia: procesos agudos asociados a dolor interno e hipersensibilidad.

Para la elección de la frecuencia portadora, debe tenerse en cuenta que una de entre 2.000 Hz y 2.500 Hz va a lograr contracción muscular y una portadora de 4.000 Hz un efecto analgésico con mejores resultados.

Comparación entre corrientes de baja y media frecuencia

Baja Frecuencia	Media Frecuencia
<ul style="list-style-type: none">✓ Efecto galvánico✓ Procesos superficiales✓ Polares	<ul style="list-style-type: none">✓ No presenta efecto galvánico✓ Procesos profundos✓ Apolares

13.7. Precauciones, indicaciones y contraindicaciones

PRECAUCIONES

- Osteosíntesis o endoprótesis. No aplicar en caso de que el paciente experimente sensaciones desagradables.
- Adecuada colocación de electrodos.
- Que la sesión cumpla el objetivo propuesto.
- Cuidado con glándulas endocrinas.
- Cuidado con cavidades que contengan líquido (vejiga).
- Cuidado con las cavidades aéreas (pulmón).
- Centros nerviosos paravertebrales.
- Influencia en intestinos, vísceras.
- Rupturas tisulares recientes.

INDICACIONES

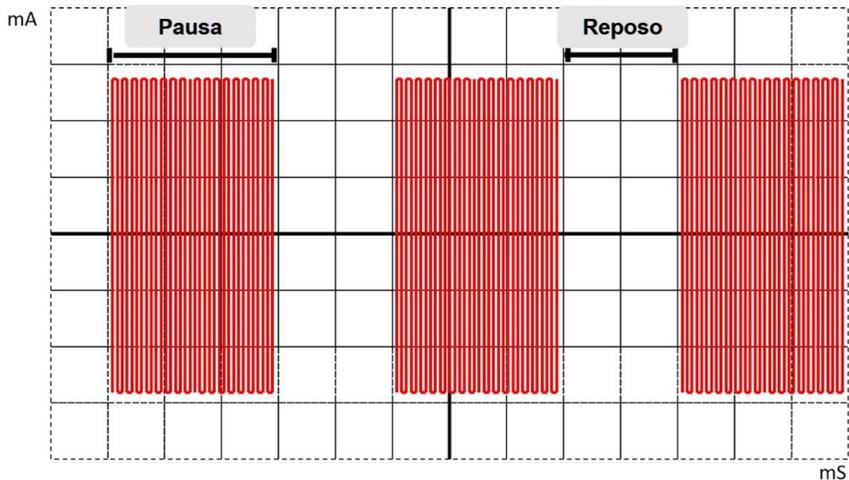
- Potenciación muscular.
- Relajación muscular.
- Elongación muscular.
- Bombeo circulatorio activo y pasivo.
- Analgesia en dolores químicos.
- Analgesia en dolores mecánicos.
- Desbridamientos tisulares (recientes).
- Liberaciones articulares (adherencias incipientes).
- Eliminación de derrames articulares (no agudos ni sépticos).
- Neuralgias.
- Distrofia simpático refleja.
- Movilización intervertebral.
- Aumento y mejora del trofismo local.

CONTRAINDICACIONES

- Procesos infecciosos.
- Procesos inflamatorios agudos.
- Tromboflebitis.
- Procesos tumorales.
- Útero grávido.
- Marcapasos.

13.8. Corrientes Rusas o de Kotz

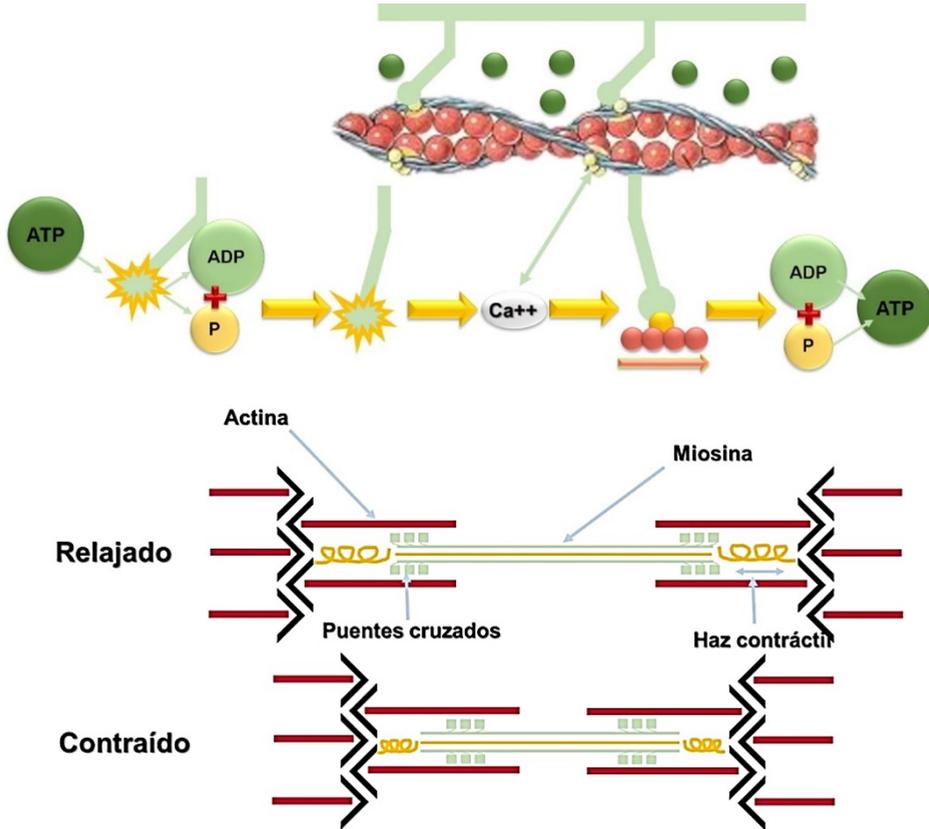
Es una corriente de media frecuencia, en ciertos puntos, se basa en las corrientes interferenciales, con una frecuencia portadora de 2500 Hz, modulada dentro del aparato. Se utiliza para la estimulación motora de músculos inervados, cuyo objetivo es la potenciación.



13.9. La contracción muscular

Recordando la fisiología de la contracción muscular, debemos tener presente la indemnidad del mismo, ya que las corrientes Rusas o de Kotz se utilizan con fines de potenciación de músculos sanos.

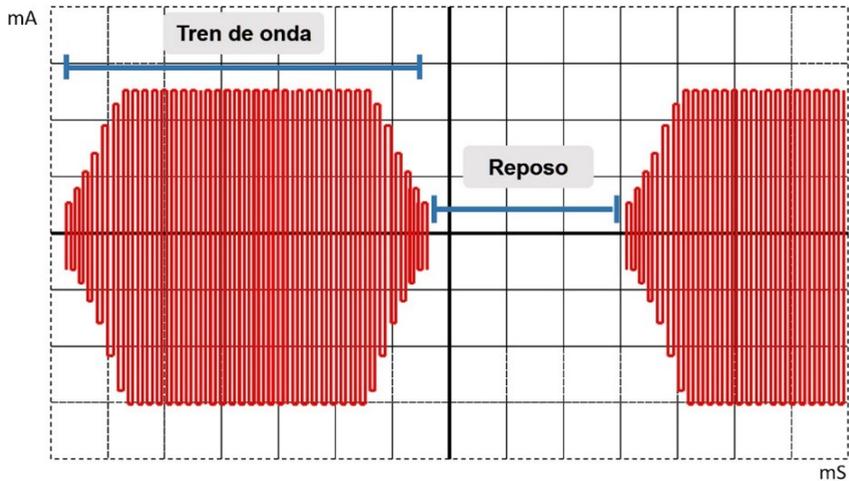
La contracción activa de un músculo ocurre gracias a la interacción del ATP con los puentes cruzados de la miosina, más precisamente en la cabeza del mismo, con una actividad ATPasa logra la disociación del ATP ($\text{ADP} + \text{P}$), lo que provoca el desplazamiento del puente cruzado de la miosina, dando como resultado la tracción de la actina a través de sus puntos activos, que fueron liberados gracias a la interacción del calcio con la troponina C.



13.10. Técnicas de aplicación

Se realiza mediante aplicación bipolar de los electrodos, se programan las formas deseadas de trenes, el tiempo de impulso, las pausas independientes, se regula la frecuencia de trenes regulable entre 20 y 150 Hz. Habitualmente 50 Hz.

Los impulsos son más cortos dejando reposos que respetan el período refractario.



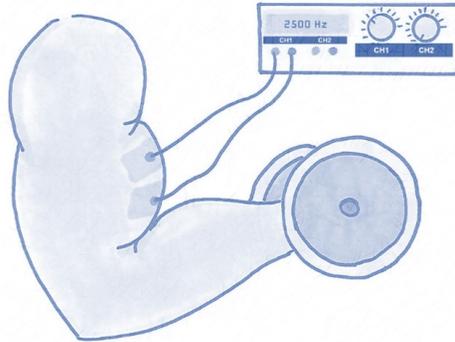
13.11. Precauciones y Indicaciones

PRECAUCIONES

Esta corriente requiere de aplicaciones cuidadosas y prudentes, con electrodos amplios para conseguir la respuesta de grandes masas musculares, regular la intensidad lo máximo posible, pero evitando riesgos de calambres o roturas musculares, presencia del fisioterapeuta en todo momento, control voluntario o intencionado del tiempo de la sesión y de los trenes, atención del fisioterapeuta ante cualquier signo de queja o alarma por parte del paciente.

INDICACIONES

- Relacionados con el deporte con musculaturas por encima de la media para conseguir potencia máxima.
- Se busca reclutamiento de fibras rápidas.
- Se trabaja con intensidades muy altas.
- Electrodo abarcando amplias zonas musculares.
- Colocación longitudinal o contralateral.
- Impedir que partes del músculo queden fuera de la influencia eléctrica.
- Se aplica simultáneamente al trabajo activo contra resistencia máxima o submáxima.



13.12. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Las corrientes interferenciales, como se dijo, es un tipo de corriente de media frecuencia, lo que permite su penetración en el organismo de forma más profunda, y es uno de los agentes físicos que se utilizan en la fisioterapia para determinados tratamientos cuyos objetivos son planteados por el profesional.

Young-hyeon Bae y Suk min Lee, publicaron los resultados de su estudio “Analgesic Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Interferential Current on Experimental schemic Pain Models: Frequencies of 50 Hz and 100 Hz” (2.014). Partieron de una hipótesis, donde dos tipos de corrientes son usadas para la electroanalgesia, TENS (Transcutaneous Electrical Nervious Stimulation) y las CI (Corrientes Interferenciales), ambas de características diferentes, concluyeron que era el mismo resultado.

Entonces comenzaron su estudio objetivando el dolor que iba a ser tratado con estas corrientes, siendo el mismo de tipo isquémico (dolor que fue provocado realizando un torniquete en el miembro superior), y fijando los parámetros de los tratamientos, TENS 50 Hz y 100 Hz, CI 50 Hz y 100 Hz con una duración de 22 minutos, ya que estudios anteriores establecieron que estas frecuencias son las que mejores resultados dieron al momento de los tratamientos del dolor.

Los pacientes fueron sometidos a los estudios de rigor, incluidos los de la integridad de la sensibilidad en la piel, principio en el que se basa la eficacia de electroterapia.

Al final del estudio, se les solicitó a los participantes que respondieran a dos preguntas, **A** ¿Cuál de las dos modalidades cree que fue más eficaz? y **B** ¿Cuál de las dos modalidades percibió más cómoda?

Los resultados obtenidos fueron:

- A 53 % CI 50 Hz; 25 % CI 100 Hz; 14 % TENS 50 Hz; 8 % TENS 100 Hz.
- B 56 % CI 50 Hz; 17 % CI 100 Hz; 17 % TENS 50 Hz; 10 % TENS 100 Hz.

A pesar de estos resultados, no los tomaron como concluyentes, ya que existen estudios anteriores en los que, por ejemplo, Shanahan informó un estudio experimental utilizando un diseño de estudio cruzado con mayor número de participantes. Ellos encontraron que el TENS, a una frecuencia de 100 Hz tuvo un mayor efecto analgésico que las CI pre modulado a una frecuencia de 100 Hz. Young-hyeon Bae y Suk min Lee concluyeron que no hay diferencia significativa entre los tipos de corrientes utilizados con fines analgésicos, pero que las CI a 50 Hz son mejor aceptadas y toleradas por los pacientes, aunque los efectos analgésicos no demostraron gran diferencia entre estas corrientes.

Funda C. Atamaz, y su equipo de colaboradores, presentaron el trabajo de investigación “Comparison of the Efficacy of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Interferential Currents, and Shortwave Diathermy in Knee Osteoarthritis: A Double-Blind, Randomized, Controlled, Multicenter Study”.

De acuerdo con las pautas del American College of Rheumatology y la Osteoarthritis Research Society International, existen terapias actualmente para la OA (osteo artrosis) que son efectivas en la reducción de dolor y discapacidad funcional secundaria. La onda corta y la electroterapia, se utilizan para el alivio del dolor y la reducción de la discapacidad funcional secundaria a través de su efecto analgésico en la artrosis de rodilla.

Funda C. Atamaz y equipo, se planteó el objetivo de comparar la eficacia del TENS, con las corrientes interferenciales y la diatermia de onda corta. Se recabó información de cuatro centros de rehabilitación, con un total de 203 pacientes con diagnóstico de artrosis de rodilla.

Estos pacientes fueron a su vez divididos en seis grupos:

- **Grupo 1:** tratados con TENS 80 Hz, intensidad 10 – 30 mA (umbral de la sensación táctil), durante 20 minutos, 2 electrodos de 5 x 5 cm colocados en la rodilla (zona de dolor).
- **Grupo 2:** tratados con TENS simulado. Tratamiento simulado con las mismas características en la técnica de aplicación que recibieron los pacientes tratados con TENS.

- **Grupo 3:** tratados con corrientes interferenciales (CI) Corrientes sinusoidales de amplitud modulada, cuya frecuencia resultante fue de 100 Hz (corriente portadora de 4.000 Hz), durante 20 minutos a una intensidad del umbral de la sensación táctil con 2 electrodos de 8 x 6 cm colocados en la rodilla (zona de dolor).
- **Grupo 4:** tratados con corrientes interferenciales simulados. El tratamiento simulado de CI consistió en la colocación de los mismos electrodos durante el mismo tiempo; sin embargo, no hubo estimulación eléctrica.
- **Grupo 5:** tratados con diatermia de onda corta. En este caso, el paciente se encontraba sentado en una silla con una mampara que cubría el equipo de onda corta, para evitar que el mismo pudiera observar su funcionamiento, una placa de condensador de 10 cm de diámetro, a una frecuencia de 27,12 MHz cuya entrada era de 300 W y una salida de 3,2 W.
- **Grupo 6:** tratados con diatermia de onda corta simulado. Este grupo recibió exactamente el mismo procedimiento que el grupo tratado con onda corta, solo que el equipo se encontraba apagado.

La técnica de tratamiento que se utilizó para este ensayo fue: una frecuencia de cinco veces por semana por el periodo de tres semanas; además, se les impartió ejercicios grupales supervisados, para posteriormente brindarles un programa de ejercicios pautados para el hogar.

Tras finalizar el trabajo de investigación, y luego de recabar y analizar los datos, concluyeron, que aunque todos los grupos mostraron mejoras significativas, la ingesta de paracetamol fue significativamente menor en los pacientes que fueron tratados con los agentes físicos. Este resultado apoya la hipótesis de que un tratamiento combinado de un agente físico, ejercicio y un programa de educación multidisciplinario tiene mejor resultado en pacientes con osteo artrosis de rodilla.

Por otro lado, no pudieron encontrar diferencias en los resultados obtenidos en los tres grupos que fueron tratados con los agentes físicos (TENS; corrientes interferenciales y onda corta). Se pueden usar diferentes agentes físicos para aliviar el dolor.

Dejaron abierta la confirmación de sus resultados a otros estudios posteriores y en poblaciones más amplias, con el fin de establecer su efectividad definitiva.

Cigdem Bircan, Ozlem Senocak, Ozlen Peker, Aylin Kaya, Sebnem Akgol Tamcõ, Selmin Gulbahar and Elif Akalin en su trabajo titulado “Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength: a randomized

controlled trial”, se propusieron comparar el fortalecimiento del grupo muscular cuádriceps, utilizando corrientes de baja frecuencia y de media frecuencia. Reclutaron participantes de con un promedio de 23,20 años de edad, en total treinta, sin antecedentes de lesiones en rodilla o alguna enfermedad neuromuscular. Fueron divididos en tres grupos (cada grupo constaba de 5 hombres y 5 mujeres):

- A. Recibieron estimulación en el grupo muscular cuádriceps con corrientes interferenciales bipolares, con una corriente portadora de 2.500 Hz, y una amplitud de modulación de frecuencia de 80 Hz. 15 minutos de duración, 5 días a la semana durante 3 semanas.
- B. Recibieron estimulación en el grupo muscular cuádriceps con corrientes de baja frecuencia, cuya onda tenía la característica de ser bifásica y simétrica, cuyo ancho de pulso fue de 100 μ s y una frecuencia de 80 Hz. 15 minutos de duración, 5 días a la semana durante 3 semanas.
- C. No recibieron ningún tipo de estímulo eléctrico.

A todos los participantes se les solicitó que no cambiaran nada de su rutina habitual mientras durara el estudio. Antes y después del mismo se les realizó la evaluación mediante un dinamómetro, isocinéticamente a 60° y en contracción concéntrica hasta 120°. Concluyeron en este estudio que ambas corrientes son factibles de utilizar en el fortalecimiento muscular. En el caso del grupo A, el estudio pre entrenamiento y post entrenamiento arrojó resultados marcados (14,4 % a 60° y 18,5 % a 120°), y en el grupo B se obtuvieron los resultados (20,7 % a 60° y 22,7 % a 120°) que demostraron que también logran el incremento de fuerza, si bien la ganancia en el grupo B fue mayor, comparativamente entre los grupos fueron similares los incrementos.

En su publicación hacen la salvedad de que debe tenerse en cuenta que se utilizó, en el caso de las corrientes interferenciales la técnica bipolar, que la interferencia se produce en el equipo disminuyendo levemente su penetración con respecto a la técnica tetrapolar, que al producir la interferencia en el organismo logra romper la impedancia de la piel, logrando mayor profundidad; además los participantes eran de una edad promedio muy por debajo de la que suele utilizarse para diversos estudios.

Judith S. Moore, Peter R. Gibson y Rebecca E. Burgell, se interesaron por los efectos de las corrientes interferenciales a nivel intestinal, y es así como su trabajo de investigación, titulado “Randomised clinical trial: transabdominal interferential electrical stimulation vs sham stimulation in women with functional constipation”, se objetivaron sobre el estreñimiento, y si es posible modificar dicha condición a través de la aplicación de corrientes interferenciales con técnica transabdominal.

Se trabajó sobre un grupo de mujeres que promediaban la edad de 18 años, con la característica que todas sufrían estreñimiento refractario. Estas mujeres recibieron el tratamiento de corrientes interferenciales transabdominal durante una hora al día, por el periodo de seis semanas y el grupo control lo hizo con corrientes simuladas.

Los resultados obtenidos, marcaron que las mujeres tratadas con corrientes interferenciales mejoraron sus evacuaciones en un 53 % reduciendo el consumo de laxantes en un 66 %, en comparación con las que se trataron con corrientes simuladas 12 %. Concluyeron que la estimulación eléctrica interferencial transabdominal es eficaz para reducir estreñimiento en mujeres adultas. Tres meses después de la terapia la respuesta se mantiene y la calidad de vida mejoró.

13.13. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Atamaz F. C.; Durmaz B.; Baydar M.; Demircioglu O. Y.; Iyiyapici A.; Kuran B.; Oncel S.; Sendur O. F. (2012) Comparison of the Efficacy of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Interferential Currents, and Shortwave Diathermy in Knee Osteoarthritis: A Double-Blind, Randomized, Controlled, Multicenter Study. Arch Phys Med Rehabil Vol 93. doi:10.1016/j.apmr.2011.11.037

Bae Y. H.; Lee S. M.; (2014) Analgesic Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Interferential Current on Experimental Ischemic Pain Models: Frequencies of 50 Hz and 100 Hz. The Society of Physical Therapy Science Artículo. 26: 1945–1948. doi:10.1589/jpts.26.1945

Bircan C.; Senocak O.; Peker O.; Kaya A.; Tamcõ S. A.; Gulbahar S. & Akalin E.(2017) Efficacy of two forms of electrical stimulation in Increasing quadriceps strength: a randomized Controlled trial. Medical Science Monitor DOI: 10.12659/MSM.899461

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Moore J.S.; Gibson P. R.; Burgell R. E. (2019) Randomised clinical trial: transabdominal interferential electrical stimulation vs sham stimulation in women with functional constipation Departamento de Gastroenterología, Monash Universidad y Alfred Health. DOI: 10.1111/apt.15642

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Regresar al Sumario

14. CORRIENTES DE ALTA FRECUENCIA

14.1. Corrientes de alta frecuencia

Durante muchos años se estudió el efecto del calor, y se pudo comprobar, que el mismo, tiene una gran calidad a nivel de efecto terapéutico. Debido a esto, se trató de investigar un mecanismo por el cual el calor llegara a tejidos profundos, puesto que hasta ese momento, los agentes térmicos utilizados presentaban barreras en los tejidos superficiales, absorbiendo la mayor parte de la energía. Esto fue lo que motivó el estudio y aplicación de las corrientes de alta frecuencia.

Las corrientes alternas de forma sinusoidal de alta frecuencia, tiene la característica de ser oscilaciones electromagnéticas con frecuencias superiores a 300.000 Hz. Si bien en la clasificación de las corrientes según su frecuencia, habíamos indicado que las mayores a 100.000 Hz. corresponden a las de alta frecuencia, a nivel terapéutico, éstas comienzan recién a los 10 Mhz. con distintos tipos de equipos de diatermia (ya en desuso).

Por ende dentro de las corrientes de alta frecuencia encontramos:

- Diatermia. Alrededor de 10 MHz.
- Onda Corta. 27 MHz.
- Onda Corta. 40 MHz.
- Onda Ultra Corta. 430 MHz.
- Microondas. 900 MHz.
- Radar. 2.450 MHz.

Estas corrientes son incapaces de producir una despolarización nerviosa y una excitabilidad neuromuscular. Esto se debe al elevado número de pulsos eléctricos por segundo (27 millones en el caso de la onda corta), lo cual imposibilita la repolarización de la membrana celular es lo que llamamos.

La fórmula para determinar la frecuencia es la siguiente: $F = \frac{V}{\lambda}$

$F =$ Frecuencia; $V =$ Velocidad de propagación; $\lambda =$ Longitud de onda

Siempre que la densidad de ese medio de transmisión sea homogéneo, la velocidad de propagación será constante, y la frecuencia será inversamente proporcional a la longitud de la onda, esto quiere decir que cuanto menor sea la longitud de onda de una radiación, mayor será su frecuencia. La capacidad de penetración va a ser directamente proporcional a la frecuencia, traducido esto, a mayor frecuencia, mayor será la penetración.



La longitud de onda de las radiaciones es determinante a la hora de atravesar los tejidos. Cuanto menor es esta longitud menos dificultad encuentra para cruzar los tejidos, a través de las estructuras moleculares.

Las corrientes de alta frecuencia generan una energía electromagnética capaz de convertirse en energía térmica, es así que encontramos termoterapia por conversión, anteriormente mencionado en fototerapia. El mecanismo por el cual genera calor en el interior del organismo, es porque a nivel superficial (piel y tejido celular subcutáneo) presentan poca resistencia al paso de la corriente de alta frecuencia, llegando a órganos de contenido acuoso. El tejido graso, al no contener agua, absorberá poca energía.

Resumen de la acción de las corrientes de alta frecuencia:

- Penetran con bastante facilidad a través de la piel y el tejido celular subcutáneo.
- Calientan mucho más zonas orgánicas de componentes acuosos que zona de tejido graso.
- Aunque el efecto principal es la de generar calor, no todos los tipos de corrientes de alta frecuencia lo harán de forma homogénea.
- Cada aparato generador de corrientes de alta frecuencia presentan distintas técnicas de aplicación lo cual condicionará su utilización según la ubicación del proceso patológico.
- Órganos internos, músculos, vísceras, etc., se calientan por estar formados fundamentalmente por agua.

- El calor no procede del exterior, sino en el órgano irradiado donde buscamos efectos terapéuticos.
- La piel y el tejido graso no sufren gran calentamiento por presentar porcentaje mucho menor de agua.

Frecuencia	Longitud de onda	Aplicaciones
30-300 KHz Onda larga	10-1 Km	Navegación aérea y marítima
300 KHz – 3 MHz Onda media	1 km-100m	Radiodifusión
3-30 MHz Onda corta	100-10 m	Terapia con ondas cortas
30-1.000 MHz Onda ultracorta	10 m-30 cm	Terapia con ondas decimétricas o de UHF (69 cm-434 MHz)
1.000-300.000 MHz Microondas	30-0.1 cm	Terapia con radar (12,525 cm-2.450 MHz)

14.2. Mecanismos de acción de las corrientes de alta frecuencia

Como corriente de desplazamiento: utilizando la molécula de agua, la cual se comporta como un dipolo eléctrico, dicha característica está dada por el hidrógeno que presenta polaridad positiva y el oxígeno negativa.

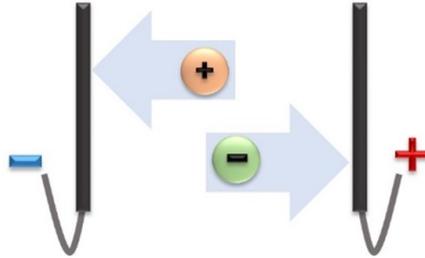
Esta partícula tiene una respuesta selectiva a las corrientes de alta frecuencia orientando sus cargas mediante los mecanismos de atracción y repulsión, produciéndose de esta forma micro vibraciones de la molécula de agua, provocando roce y fricción entre las mismas al ritmo de la frecuencia de la corriente.

Como corriente de inducción: mediante una bobina de inducción se hace pasar una corriente que genere otra inducida en el interior del tejido sin tener que atravesar las capas superficiales, medias y profundas.

Si bien además de estos mecanismos, existe otra posibilidad que es la de conducción, ésta es menos eficaz, pues se va perdiendo energía que es retenida en las capas más superficiales y llegando en forma escasa a los tejidos profundos.

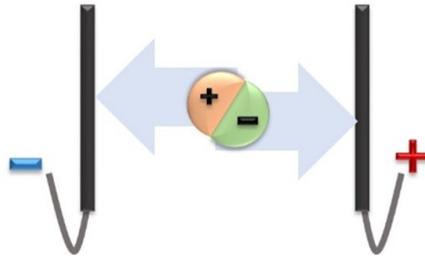
14.3. Acción sobre las moléculas en el organismo

Vibración de los iones y moléculas



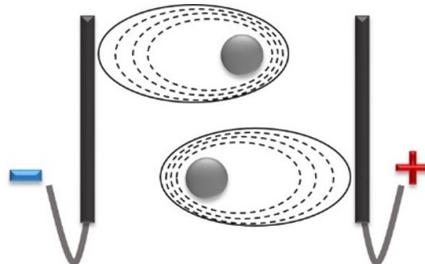
Campo eléctrico en una dirección, luego en otra. Los iones se desplazan en un sentido y luego en el otro, generando fricción con el resto de las moléculas, elevando así la temperatura del tejido.

Rotación de las moléculas dipolares



La acción sobre las moléculas denominadas dipolares (presentan una carga positiva y una carga negativa en la misma molécula, ejemplo el agua: $+H_2 -O$) la acción de los campos electromagnéticos generará una orientación en relación a líneas de este campo, siempre al mismo ritmo de la alternancia de la corriente.

Distorsión de la molécula



Los átomos y moléculas sin cargas eléctricas se ven afectados, distorsionando la trayectoria de las órbitas de los electrones. El calor generado por esta acción es mucho menor que en la vibración y la rotación. La distancia de estas moléculas del emisor es inversamente proporcional a su acción (mayor distancia de la placa emisora, menor efectos sobre estas moléculas).

Cuadro comparativo de los efectos de las corrientes de alta frecuencia en el tejido humano. Entender que todos ocurren como en un conjunto y al ritmo de la alternancia de la corriente.

Cuadro comparativo

<p>Corrientes de conducción</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Característica de los cuerpos conductores. Utilizada por la corriente continua. • Producción de calor
<p>Corriente de desplazamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Su efecto se basa en la capacidad de propagación de la corriente de alta frecuencia por los cuerpos dieléctricos • La orientación de la carga eléctrica de las moléculas cambia de sentido con la frecuencia de la corriente • Se produce el paso a través de cuerpos no conductores
<p>Corriente de inducción</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La corriente de alta frecuencia es capaz de inducir una corriente de la misma frecuencia dentro del organismo

14.4. Dosificación de las corrientes de alta frecuencia

Denominaremos dosis a la energía total de cualquier tipo de corriente de alta frecuencia administrada durante un solo tratamiento.

La energía de la aplicación dependerá de tres factores:

1. Intensidad o potencia (W)
2. Duración del tratamiento
3. Frecuencia (en emisiones pulsátiles)

Las pautas para la dosificación, dependerá de la sensación de calor que experimente el paciente, la cual nunca deberá sobrepasar el límite tolerable y tampoco deberá ser inferior al nivel mínimo de la sensibilidad térmica, y serán graduadas según:

Dosis y percepción

- **Dosis I o submitis:** Sensación térmica apenas perceptible
- **Dosis II o mitis:** Leve calentamiento, sensación de calor débil
- **Dosis III o normalis:** Sensación de calor agradable y tolerable
- **Dosis IV o fortis:** Sensación de calor apenas tolerable, casi quemante

14.5. Efectos fisiológicos de las corrientes de alta frecuencia

Vasos sanguíneos y linfáticos

Existe una relación directa entre el aumento de la temperatura y el incremento sanguíneo a través del aumento de la circulación. Las corrientes de alta frecuencia, como la onda corta, es capaz de afectar mediante la vaso dilatación a arteriolas y capilares. Se observa un aumento de la eliminación de la linfa. Es así, que se puede determinar que una intensidad media-baja, por al menos 20 minutos, favorece el flujo sanguíneo.

Sangre

Sumado a la leucopenia seguida de una leucocitosis, las corrientes de alta frecuencia, producen una mayor posibilidad de descarga de leucocitos desde los vasos sanguíneos hacia el tejido adyacente, fagocitosis aumentada, tiempo de coagulación reducido y cambios en el nivel de la glucemia.

Metabolismo

Las corrientes de alta frecuencia, al estimular a los sensores de la temperatura de la piel, provocan una activación del sistema nervioso periférico y central, debido a la acción del hipotálamo. Esto provoca reacciones generales con la vasodilatación, el sudor y la consecuente reducción de la producción del calor. A nivel local, aumenta el metabolismo celular, provocando alteración en la presión parcial de oxígeno y dióxido de carbono, afectando al pH, dando como resultado un mejoramiento en la homeostasis local.

Sistema nervioso.

Sobre el sistema nervioso central con aplicación sobre la glándula hipófisis actúa directamente sobre la misma. A nivel del sistema nervioso periférico provoca un aumento de la sensibilidad y de la conducción nerviosa. En este caso, el dolor, se

alivia gracias al aumento de la circulación sanguínea, lo que lleva a un aumento en la velocidad de eliminación de productos metabólicos relacionados con el dolor, además disminuye la presión generada por un cúmulo de líquido intersticial.

Generales

En casos de temperatura irregular o hipertensión, el efecto del calor sobre estas situaciones es demasiado corto como para manifestar una acción con indicación para los mismos.

14.6. Onda Corta

Las Ondas Cortas trabajan en una frecuencia de 27 MHz con una longitud de onda de 11,06 metros, y posee un efecto electro físico que se basa en la capacitancia.

La técnica de aplicación consiste en la colocación de dos electrodos o bobinas separadas de la piel. El calor que se genera es debido al desplazamiento de las cargas eléctricas a través de los tejidos, presentando mayor acumulación de calor en los tejidos con mayor conductividad. Tiene la propiedad de generar radiaciones no ionizantes, o sea es capaz de producir excitación de electrones sin alterar el estado natural de los tejidos vivos.

14.7. Propiedades físicas

- El aumento de la temperatura está determinada por la cantidad de energía absorbida por el tejido.
- A través de la emisión pulsada, el calor tiende a desaparecer entre cada ciclo.
- La cantidad de calor que se produce en el tejido depende de:
 - La potencia del campo electromagnético que llega al tejido
 - El tipo de tejido
 - La perfusión del tejido.
- Tiene la capacidad de generar calor profundo
- Las Ondas Cortas no son reflejadas por el tejido óseo y, por lo tanto, no se concentra en el periostio, por lo cual no aumenta el riesgo de quemadura en el mismo.

14.8. Conductividad de los tejidos

TEJIDO	CONDUCTIVIDAD
Músculo	0,7 – 0,9
Riñón	0,83
Hígado	0,48 – 0,54
Cerebro	0,46
Grasa	0,04 – 0,06
Hueso	0,01

14.9. Método de aplicación

Método Inductivo

Se trata de una bobina por la que fluye corriente eléctrica alterna generando un campo magnético perpendicular a la bobina induciendo corrientes eléctricas en forma de espiral sobre los tejidos.

Esta inducción provoca oscilaciones de las partículas con cargas eléctricas en el tejido, produciendo fricciones entre ella, elevando la temperatura tisular.

Microondas

Se utiliza una antena para transmitir las emisiones de las microondas. La corriente alterna genera un campo magnético en la antena, que se dirige hacia el tejido a través de un orientador reflectante curvo que rodea a dicha antena. La baja longitud de onda de la radiación de microondas permite concentrar este tipo de diatermia en regiones pequeñas y definidas.

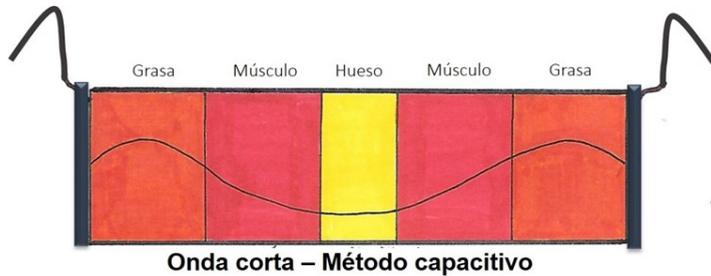
Placas de capacitancia o condensador

Los aplicadores, se solían construir en metal con una carcasa plástica; en la actualidad se utilizan los de caucho de carbono transmisor.

La corriente alterna fluye de una placa a la otra a través del paciente produciendo un campo eléctrico, atravesando así, el tejido corporal que se encuentra entre estas placas.

De esta forma, el paciente integra parte del circuito eléctrico.

METODO INDUCTIVO (Campo solenoide)	METODO CAPACITIVO (Campo condensador)
<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza un electrodo con una bobina de inducción • Calentamiento más selectivo • Mayor capacidad de penetración • Calienta menos el tejido graso que en la técnica capacitiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan dos electrodos para establecer un paso de la corriente • Calentamiento no tan selectivo • Menor capacidad de penetración • El segmento tratado actúa como un componente dieléctrico (no conductor) • Calienta más el tejido graso que el músculo (relación 1:10)

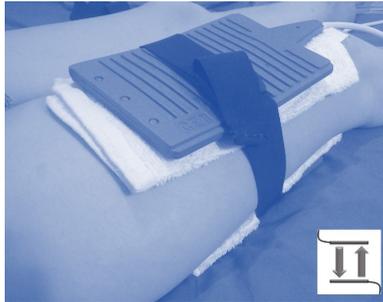


14.10. Técnicas de aplicación del método capacitivo

Contraplanar

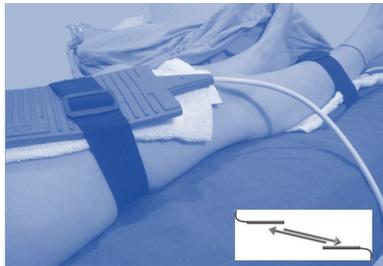
- Los tejidos están en dirección perpendicular a las líneas de campo formadas por la placas.
- Las placas se encuentran conectas en serie (punto de vista eléctrico).
- La intensidad de la corriente total es la misma en todo el tejido.

- Escasa penetración.
- Producción de calor superficial.



Longitudinal

- Los tejidos están en la misma dirección que las líneas de campo.
- Las capas de tejido están en paralelo (punto de vista eléctrico).
- La velocidad de conducción es igual para todos los tejidos y la corriente seguirá la vía de menor resistencia; es decir, a través de los músculos y los tejidos ricos en agua.
- Mayor y mejor penetración que la técnica transversal.



Coplanar

- Se colocan los electrodos en el mismo plano de la zona a tratar.
- Mayor absorción en piel y tejido celular subcutáneo.
- No se consigue el efecto en profundidad.



Los factores que pueden afectar a la profundidad de las líneas de campos

- Distancia electrodo – piel
 - Debe ser tan grande como lo permita la emisión del aparato
 - Cuanto mayor sea la distancia, mayor y más uniforme es el efecto térmico profundo
 - Combinar distintos tamaños de electrodos para conseguir mayor o menor penetración
- Tamaño de los electrodos
 - A menor tamaño de electrodo, mayor concentración
 - Debe estar adaptado a la zona corporal que se va a tratar
 - Especial cuidado sobre zonas irregulares, en las que buscaremos un efecto uniforme
- Localización de los electrodos

14.11. Técnicas de aplicación del método inductivo

- Bobina de inducción
 - La parte del cuerpo a tratar queda fuera de la bobina. Hay que tener en cuenta que el paciente no tendrá sensación térmica hasta que el aumento de la temperatura del tejido muscular haya alcanzado las capas superficiales. Especial cuidado, puesto que no existen receptores de temperatura en el músculo.
- Cable de inducción
 - La parte del cuerpo a tratar se encuentra dentro de las espirales de la bobina. Se enrolla un cable de inducción alrededor de la parte a tratar. En esta técnica la distancia entre vueltas del cable debe ser de

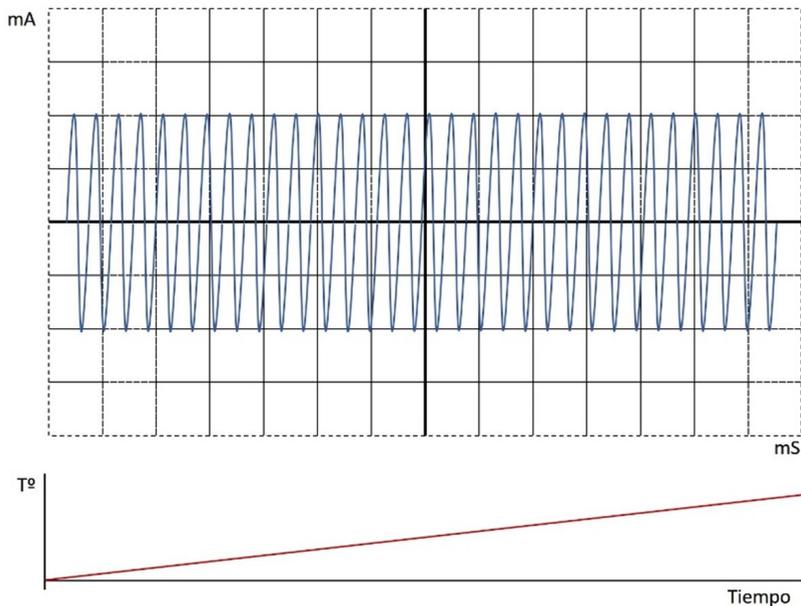
aproximadamente 15 cm., la distancia del cable a la piel debe ser uniforme en todo su trayecto. Solo se utiliza en extremidades.

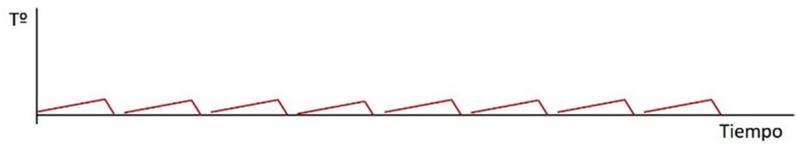
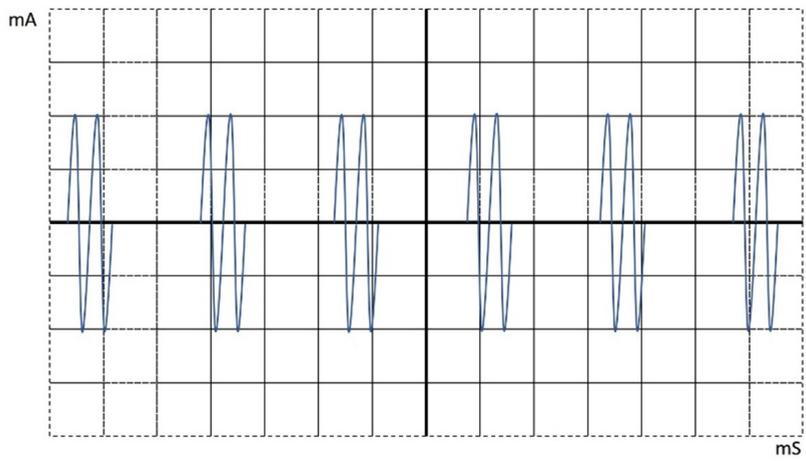
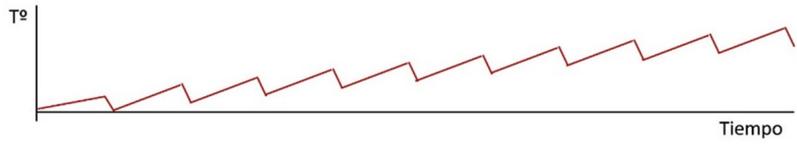
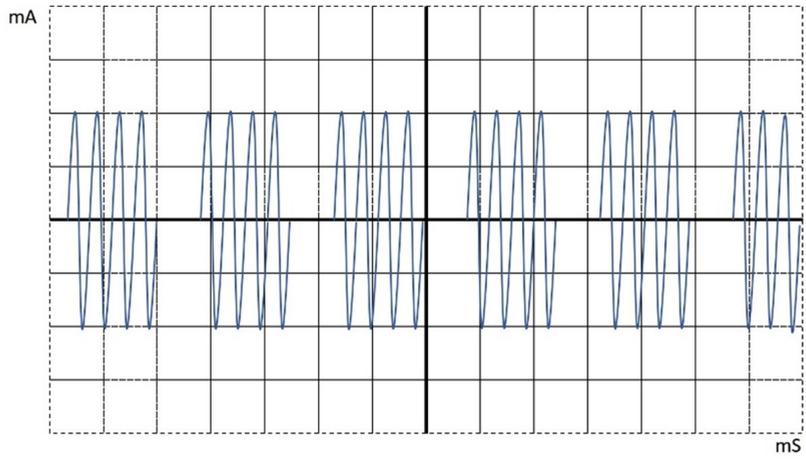
14.12. Onda Corta Pulsátil

En el caso de la onda corta, en su forma pulsátil, está destinado para evitar el efecto térmico, ya que presenta pausas entre las emisiones evitando el aumento de la temperatura de los tejidos, ajustando la potencia al máximo de lo que admita el equipo.

La intensidad en la onda corta pulsátil

- Puede verse afectada la cantidad de energía total por la frecuencia de repetición de los impulsos.
- En lesiones recientes se sugiere una frecuencia baja menor a 82 Hz, en sesiones posteriores trabajar con frecuencia mayor a los 82 Hz.
- En lesiones recientes el tratamiento durará entre 10 a 15 minutos y hasta 2 sesiones diarias
- En tratamientos posteriores se puede aumentar las dosis y bajar la frecuencia de las sesiones





Cuanto más agudo sea un proceso	Cuanto más crónico sea un proceso
<ul style="list-style-type: none"> • Más débil será la dosis (I-II) y aplicaciones frecuentes • Tratamientos breves 3 a 10 minutos • Sesiones diarias, si es necesario 2 por día • Total de sesiones entre 10 y 12 	<ul style="list-style-type: none"> • Más intensa será la dosis (II-III) • Tiempos de tratamientos entre 15 y 20 minutos • Aplicaciones menos frecuentes, diarias o día por medio • Total de sesiones entre 20 a 25 sesiones

14.13. Corriente Radar o Microondas

Es un tipo de corriente de alta frecuencia de 2.450 MHz y una longitud de onda de 12.25 cm, cuya forma de emisión puede ser continua o pulsátil. Tiene por características:

- Atravesar el tejido adiposo subcutáneo con facilidad y poca pérdida de radiación
- Aumentan la temperatura en los tejidos con buena irrigación.
- Permite un mejor ajuste de la dosis de acuerdo con la sensación de calor del paciente

Se ideó un medio de acoplamiento para la aplicación de las radiaciones de microondas, que consistía en una bolsa de arena seca entre el aplicador y la zona a tratar. Este medio de adaptación mejoró la concentración de las microondas reduciendo las pérdidas de radiación difusa logrando mayor intensidad y profundidad.

Este equipo consta de un electrodo (irradiador) en forma de reflector que es capaz de irradiar en haz divergente (emite en forma de cono).

Tipos de irradiadores

- A distancia, importante la distancia de aplicación y el ángulo de incidencia sobre la superficie corporal a tratar. Potencias de trabajo entre lo 30W y 120W. Se rigen bajo las leyes de inversa del cuadrado, del coseno de Lambert y reflexión (una parte de la radiación se absorbe y la otra se refleja)

- Gran campo, que es de aplicación de contacto directo.
- Campo redondo, a una distancia de 10 cm aproximadamente.
- Campo largo, a una distancia de 5 cm aproximadamente.

14.14. Técnica de aplicación

- El aparato debe precalentarse unos minutos previos al tratamiento
- Ajustar la dosis y el tiempo de aplicación
- Elección del tipo de irradiador en función de la zona y patología
- La superficie de aplicación debe estar libre de ropas, sin objetos metálicos
- El irradiador ubicarlos a unos 5 a 15 cm en forma perpendicular
- Preguntar al paciente la sensación térmica percibida y comparar con la dosis programada
- El paciente deberá informar cualquier sensación extraña o molestia que perciba

14.15. Indicaciones, contraindicaciones y precauciones

Para las corrientes de alta frecuencia en general

INDICACIONES

- Dolor isquémico
- Contractura muscular
- Inflamación crónica
- Edemas de poca intensidad
- Procesos artrósicos articulares
- Procesos artríticos no agudos
- Procesos degenerativos por trofismo insuficiente
- Algodistrofia simpática refleja (con muy baja energía)

CONTRAINDICACIONES

- Procesos inflamatorios agudos

- D.I.U.
- Osteosíntesis y endoprotesis metálicas
- Procesos infecciosos o abscesos purulentos
- Tuberculosis, procesos tumorales
- Denervaciones totales
- Ganglios linfáticos infartados
- Evitar región cercana a los ojos, los oídos, zona gestacional en embarazos y testículos
- No aplicar en presencia de marcapasos
- En casos de hemorragias, sangrados en general ni tromboflebitis

PRECAUCIONES

- Controlar la sensibilidad de la región a tratar
- Controlar adecuadamente las temperaturas
- Controlar la correcta aplicación de los electrodos
- Realizar una buena anamnesis sobre antecedentes patológicos.

14.16. Tecar

Es una diatermia, cuyo nombre son las siglas de Transferencia Eléctrica Capacitiva y Resistiva. Cuya característica es que suministra una corriente alterna con una frecuencia entre los 300 KHz y 1 MHz, donde las potencias más bajas son resistivas y las más altas son capacitivas.

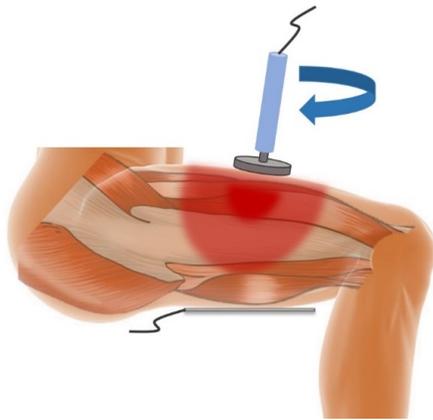
Campos electromagnéticos usados en fisioterapia	Frecuencia
Radar terapia	2,5 GHz
Hipertermia	454 MHz
Onda Corta	27 MHz
TECAR	0,3 a 1 MHz

El principio físico consiste en la circulación de una corriente de radio frecuencia dentro de la región del organismo a tratar utilizando un par de electrodos, uno dispersivo y uno activo, con el fin de generar calor en los tejidos.

En los equipos modernos, permite la generación de corrientes resistiva y capacitiva. En el caso del resistivo la frecuencia fluye hacia tejidos pobres en agua y el capacitivo lo hace hacia los tejidos con mayor presencia de agua.

14.17. Mecanismo de acción

Los dispositivos de **TECAR** terapia utilizan una corriente de alta frecuencia inducidas por el movimiento alterno de las cargas eléctricas que forman parte de todos los sustratos biológicos de nuestro cuerpo, así se consigue una temperatura interna generada por el propio tejido, se podría decir que se consigue una fiebre localizada, sabiendo que por cada grado de aumento sobre la temperatura basal el metabolismo aumenta en un 10



Podemos tener tres tipos de efectos biológicos deseados combinando estos con los modos capacitivos y resistivos para seleccionar el tejido donde queremos actuar ya sea en forma continua o pulsada según el estadio del tratamiento.

- Intensidad baja o pulsada. Se aplica para conseguir estimular la microcirculación e inducir la bioestimulación celular incrementando el consumo de oxígeno. Se aplican en lesiones agudas, edemas, post-quirúrgico, puntos álgidos, etc.
- Intensidades medias. Se trabaja con temperaturas internas suaves creando efectos vasodilatadores, así ayudar a irrigar zonas con poco aporte sanguíneo. Se utiliza en contracturas y distensiones musculares.

- Intensidad alta. El efecto es marcadamente térmico. El efecto bioestimulante es poco evidente, mientras que es mucho más elevado el efecto anti edematoso con gran incremento de la microcirculación y del drenaje.

14.18. Técnica de aplicación

Un equipo de TECAR consta de un electrodo activo y un electrodo dispersivo (ambos de diferentes tamaños para adaptar a la zona a tratar).

Resistiva

La corriente fluye principalmente a través de la zona de resistencia en el cuerpo humano. Los huesos, tendones y cartílagos tienen una mayor densidad, en comparación con el tejido blando y/o más profundo, con valor de resistencia más altos y un contenido de agua inferior. A medida que usamos potencias más altas logramos mayor aumento de la temperatura.

Capacitiva

La corriente fluye principalmente a través de la zona capacitiva en el cuerpo humano. Las reacciones inducidas se producen principalmente en el tejido blando bajo el electrodo, éste actúa como un condensador y provoca un aumento local de la temperatura, dependiendo de la intensidad.

El calentamiento de los tejidos blandos afecta positivamente el resultado del tratamiento en modo resistivo ya que la aplicación capacitiva reduce la resistencia interna de los tejidos blandos. Diferente es en el modo resistivo. En este caso, al aumentar la potencia también aumenta la temperatura, pero con el agregado de que hay un efecto térmico en el electrodo dispersivo, por lo que hay que tener la precaución que la plancha o electrodo dispersivo se coloque en una zona de máxima superficie de contacto.

En ambos casos se utiliza entre el electrodo activo y la piel, gel neutro o una crema conductora y mantener siempre el contacto pleno de este electrodo para evitar sensaciones desagradables en el paciente.

- El electrodo activo es guiado en la zona a tratar.
- El fisioterapeuta proporciona un tratamiento dinámico y activo.
- El electrodo dispersivo se encuentra cerca de la zona a tratar.
- En caso de que el fisioterapeuta deba sostener el miembro a tratar deberá hacerlo con guantes de látex para evitar puente.

14.19. Efectos fisiológicos

- Incremento de la microcirculación, que se traduce en el aumento de la velocidad del desplazamiento de la sangre a nivel capilar.
 - Reducción del dolor, efecto antiálgico
- Vasodilatación
 - Rápida disociación del oxígeno de la hemoglobina, efecto antiinflamatorio
- Incremento de la temperatura de los tejidos
 - Aumento de la velocidad de reabsorción de edemas o colecciones linfática moderada, efecto bioestimulante.

La tecarterapia estimula el tejido a tal grado que genera flujos intensos de sustancias electrolítica, la reactivación del potencial de la membrana celular y aumento de la demanda de oxígeno. Al estimular un mayor aporte sanguíneo los electrones y los iones son transportados con mayor facilidad mejorando la impedancia.

14.20. Indicaciones

Se utiliza mayormente en:

- Tejidos inflamados
- Terapia post-quirúrgica
- Estadio de dolor
- Edema y déficit linfático

14.21. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Existen estudios donde se realizaron tratamientos comparativos en parálisis facial periférica, utilizando en un grupo de pacientes radiofrecuencia para el tratamiento de los músculos paralizados y en el otro grupo corrientes farádicas, donde los resultados fueron marcadamente mejores con la aplicación de la radiofrecuencia como tratamiento. Pero hay un detalle a tener en cuenta, las corrientes farádicas no son específicas para músculos denervados, ya sean parcial o total, las específicas para dicho tratamiento son las corrientes exponenciales, es por esto que si bien los resultados son valorables, habría que tomar como punto de comparación tratamientos con corrientes específicas para dichas patologías.

Ortega-Perez et al. se propusieron el objetivo, mediante su estudio, de realizar tratamiento combinado en la rotura de fibras del recto anterior del cuádriceps para alcanzar la regeneración del tejido dañado con similares propiedades sin la aparición de recidivas.

Dicho estudio consistió seleccionar a tres jugadores de fútbol a nivel profesional (hombres en este caso), quienes participaron en forma voluntaria. Las sesiones se pautaron en dos semanales, con una diferencia entre cada una de unas 72 horas aproximadamente. El tratamiento consistió de la aplicación de agentes físicos como el EPI®, láser, diatermia y radiofrecuencia con emulgel ozonizado (con ácido hialurónico y metabolitos derivados del ozono), y 3 sesiones de trabajos de fuerza (solo varían las cargas en función del grado de lesión).

Los pacientes, tras el tratamiento, recibieron el alta fisioterapéutica al estar asintomáticos, con rango de movilidad completo, mostrando valores de fuerza normalizados así como control neuromuscular normalizado. De esta forma concluyeron que: “La estrategia de tratamiento combinado incluyendo emulgel ozonizado como medio de aplicación de la etapa de radiofrecuencia, junto con EPI®, láser, diatermia y sesiones de trabajo de fuerza con HAEFNI, ha mostrado ser una terapia eficiente para la recuperación precoz de la rotura de fibras del recto anterior del cuádriceps, estimulando el proceso de regeneración muscular, impulsándolo al máximo desde el comienzo de la lesión y logrando así el máximo porcentaje de tejido regenerado en el músculo a tratar, lo que proporciona una vuelta más segura y con menos riesgo a los entrenamientos del deportista en cuestión”.

En este estudio, si bien se obtuvieron muy buenos resultados, nos encontramos con los siguientes problemas:

1. Poca muestra. Tres pacientes voluntarios son insuficientes
2. La variada gama de agentes físicos utilizados, más el complemento de ejercicios físicos, nos hace pensar. ¿Cuál habrá sido el agente que realmente mejoró a estos pacientes?

Estos razonamientos nos lleva a la conclusión, de que se debe continuar con la investigación.

14.22. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Ortega-Pereza R.; A. Piepoli A.; Barros-Peinado M.; Sanchez J. & Martinez-Ferez A. Recuperación funcional precoz de rotura de fibras del recto anterior mediante una estrategia combinada incluyendo radiofrecuencia con emulgel ozonizado. Evaluación mediante elastografía. Revista Andaluza de Medicina del Deporte. Rev Andal Med Deporte. 2015;8(1):20–47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2014.10.044>

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Prudencio Mamani Pacari M.; Mamani Ortiz Y.; Illanes Velarde D. & Rocha Albino M. R. Radiofrequency vs muscular Faradization to functional rehabilitation of peripheral facial paralysis patients. Revista Científica Ciencia Médica. Rev Cient Cienc Med 2016; 19(2):5-13

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Regresar al Sumario

15. ULTRASONIDOS

Para adentrarnos en esta unidad, es necesario reconocer al sonido como la sensación percibida en el órgano del oído por una onda mecánica originada por la vibración de un cuerpo elástico y propagado por un medio material.

El ultrasonido, además de su uso diagnóstico en las ecografías, también tiene fines terapéuticos. El oído humano es capaz de percibir sonidos por encima de los 16 Hz y por debajo de los 20.000 Hz, marcando el parámetro de funcionamiento de los equipos ultrasónicos, llamados así por emitir ondas sonoras por encima de los 20.000 Hz.

En fisioterapia las frecuencias utilizadas se encuentran entre los rangos de 700 KHz. y los 3.3 MHz.

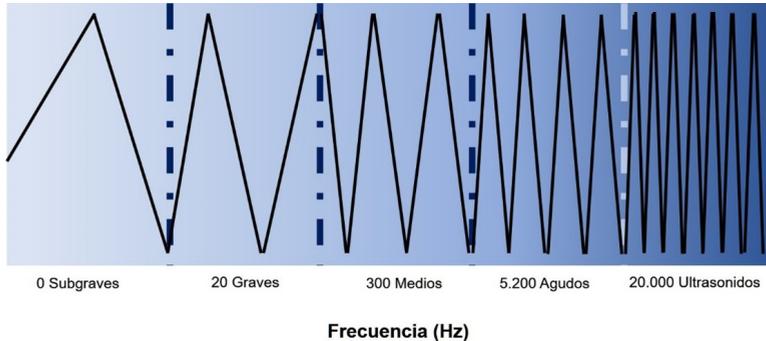
Si bien uno de los efectos por los cuales fue elegido como método terapéutico durante muchos años fue el térmico, hoy en día su uso se centra en los efectos mecánicos por su gran beneficio a la hora de reparar tejidos dañados.

En la actualidad se están revalorizando, como los ultrasonidos y algunos otros agentes físicos que quedaron en “desuso”, ya que se profundizaron investigaciones, tanto sobre los efectos biológicos como sus posibles indicaciones y contraindicaciones, esto es debido a que la tecnología permite que los análisis de los resultados sean más profundos y estandarizados.

El ultrasonido es un agente físico muy utilizado en una gran variedad de lesiones músculo esqueléticas, lesiones de tejidos blandos, lesiones relacionadas al deporte, espasmos musculares, contusiones e inflamaciones y dolores localizados.

Probada su eficacia en laboratorio, a través de tratamientos en ensayos en lesiones de gastrocnemio de ratas, lograron objetivar recuperación disminuyendo el tiempo del mismo, de 35 a 28 días.

Según varios autores, el efecto del ultrasonido se basa en las tensiones micromecánicas producidas por las ondas de presión en los tejidos biológicos que desencadenan eventos bioquímicos que promueven la reparación del tejido.



15.1. Parámetros en las ondas ultrasónicas

La **velocidad de propagación**, es en la que el sonido viaja a través de un medio y se considera típicamente de 1540 m/seg para los tejidos blandos.

La velocidad de propagación del sonido varía dependiendo del tipo y características del material por el que atraviese.

Los factores que determinan la velocidad del sonido a través de una sustancia son la densidad y la compresibilidad, de tal forma que los materiales con mayor densidad y menor compresibilidad transmitirán el sonido a una mayor velocidad.

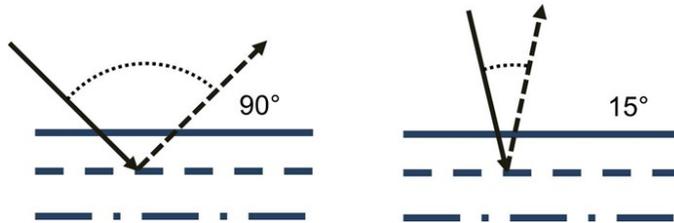
Esta velocidad varía en cada tejido; por ejemplo, en la grasa, las ondas sonoras se mueven más lentamente; mientras que en el aire, la velocidad de propagación es mucho más lenta aún.

Por otro lado, la velocidad es inversamente proporcional a la compresibilidad; las moléculas en los tejidos más compresibles están muy separadas, por lo que transmiten el sonido más lentamente.

Cuando la energía acústica genera una **interacción con los tejidos** corporales, las moléculas tisulares son estimuladas y la energía se transmite de una molécula a otra adyacente.

La energía acústica se mueve a través de los tejidos mediante ondas longitudinales y las moléculas del medio de transmisión oscilan en la misma dirección.

Cuando una onda de ultrasonido atraviesa un tejido acontece la reflexión o rebote de las ondas ultrasónicas hacia un transductor (eco).



El ángulo de incidencia es la angulación de cómo incide la onda en las interfases, que si es de 90° se produce reflexión perpendicular, y si es $< 90^\circ$, la onda se desvía en un ángulo igual al de incidencia, pero en dirección opuesta, dando una imagen débil y oscura

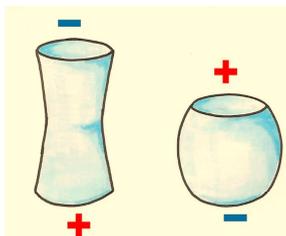
15.2. Mecanismo de producción

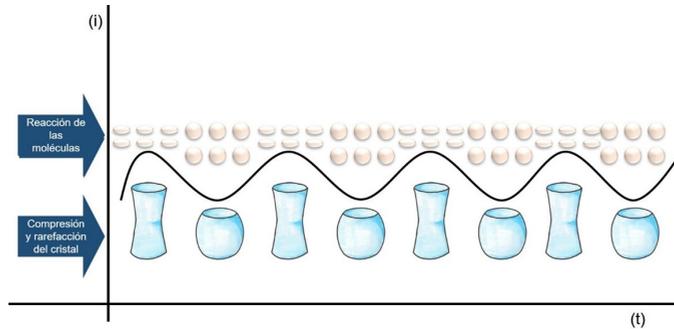
Existe un efecto denominado **Piezoeléctrico**, el cual es la propiedad de algunos materiales (cristales de cuarzo, titanato circonato de plomo o PZT o titanato de bario), y consiste en la capacidad de generar una carga eléctrica en respuesta a una presión o a una tensión de dichos cristales.

Pero también, estos materiales, pueden responder, si se les aplica una carga eléctrica, manifestando una deformación. A este fenómeno se lo denomina **efecto piezoeléctrico invertido**, mecanismo por el cual funcionan los ultrasonidos terapéuticos.

Es así que el ultrasonido se genera mediante una corriente eléctrica alterna de alta frecuencia sobre el cristal del transductor de una unidad de ultrasonido, el cual tiene cualidades piezoeléctricas (descrito en el párrafo anterior), que hacen que responda a la corriente alterna expandiéndose y contrayéndose con la misma frecuencia a la cual cambia la polaridad de la corriente.

Cuando el cristal se expande, comprime el material situado enfrente de él, y cuando se contrae, lo refracta. Esta compresión y refracción alternante es la que genera la onda de ultrasónica.



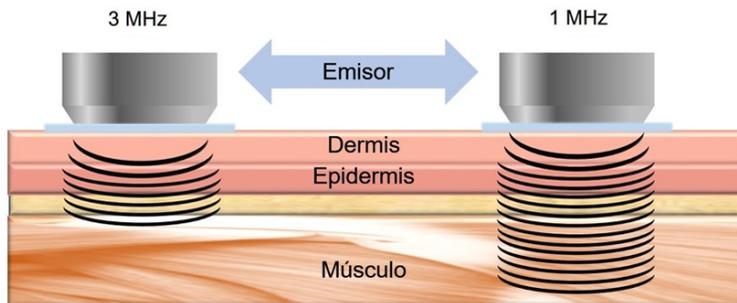


15.3. Conceptos a tener en cuenta sobre la terapia de ultrasonidos

Frecuencia, consiste en el número de ciclos o de cambios de presión que ocurren en un segundo. La frecuencia la cuantificamos en ciclos por segundo o Hertz y está determinada por la fuente emisora del sonido y por el medio que se encuentra atravesando.

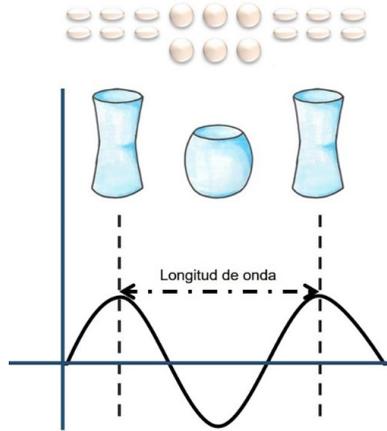
El ultrasonido es un sonido cuya frecuencia se ubica por arriba de 20 kHz. Las frecuencias que se utilizan en medicina para fines terapéuticos son de 1 MHz, 3 MHz y en el caso de los ultracavitadores utilizan frecuencias de entre 30 y 50 KHz.

La frecuencia tiene relación directa con la absorción y la atenuación del haz; es por esto que a mayor frecuencia el ultrasonido es absorbido más rápidamente y es por ello que se utilizan frecuencias de 0,7 a 1 Mhz para tratar estructuras profundas, y las frecuencias de 2 a 3 Mhz para tratar tejidos más superficiales como piel y celular subcutáneo.



Esquema de penetración de las ondas ultrasónicas según su frecuencia.

Longitud de onda del haz ultrasónico, las ondas sonoras corresponden básicamente a la refracción y compresión periódica del medio en el cual se desplazan. La distancia de una compresión a la siguiente (distancia entre picos de la onda sinusal) constituye la longitud de onda, y se obtiene de dividir la velocidad de propagación por la frecuencia.

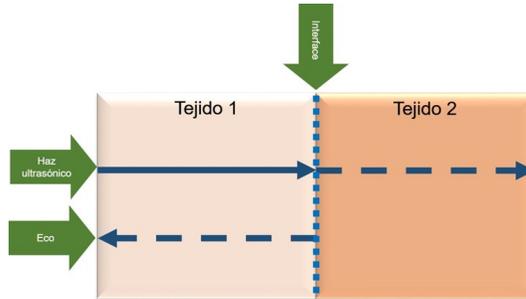


Velocidad de transmisión, depende del medio en que se propague, puesto que varía en densidad y elasticidad del medio.

MEDIO	V (m/s)
Aluminio	2.700
Hueso	3.500
Cartilago	1.750
Músculo estriado	1.580
Corazón	1.575
Plasma	1.570
Higado	1.550
Cerebro	1.545
Vaso sanguíneo	1.530
Piel	1.519
Liq. Cefalorraquídeo	1.510
Grasa profunda	1.450
Agua (20° C)	1.492
Grasa subcutánea	1.215
Polietileno	920

Impedancia acústica o resistencia sónica, relaciona la velocidad que la partícula adquiere en el momento de su vibración y la presión a la que está sometida, da idea de la facilidad que un determinado medio ofrece al paso de los ultrasonidos.

Se define a la misma como el producto de la densidad y la velocidad de propagación del sonido en dichos tejidos.



Energía, potencia e intensidad, el transductor produce cierta cantidad de energía, que a su vez es transportada por el haz ultrasónico. Si a esa energía la analizamos por la unidad de tiempo determina la potencia, cuya unidad de medida es el Watt (W).

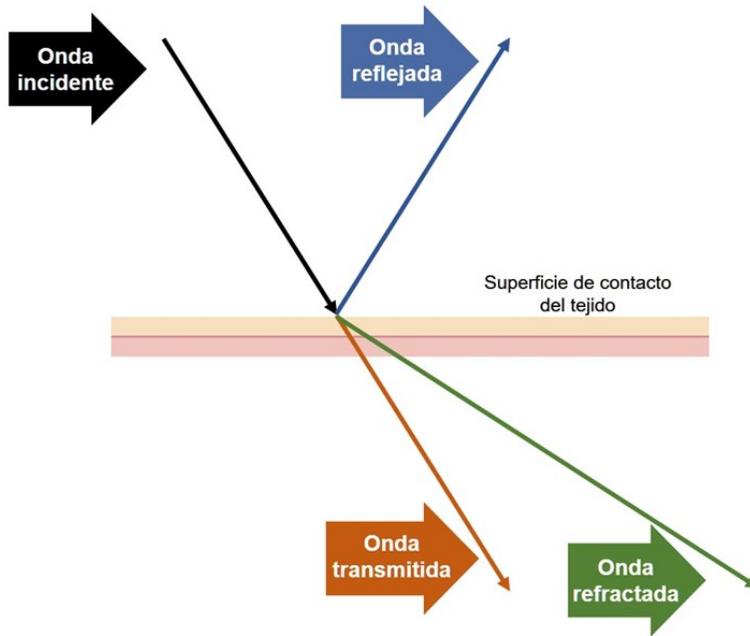
Para obtener la intensidad, a la potencia hay que dividirla por la superficie del haz ultrasónico (W/cm^2), este dato que nos proporciona la intensidad es el más importante para poder aplicar los tratamientos con ultrasonidos.

Las intensidades más utilizadas en fisioterapia se encuentran entre 0,5 y 2,5 W/cm^2 (La OMS estableció como límite, en emisión continua, 3 W/cm^2).

15.4. Atenuación (pérdida de intensidad)

Para comenzar a entender por qué un haz ultrasónico pierde intensidad, hay que saber que esta atenuación se produce por diferentes factores, tales como:

- Absorción del ultrasonido por el medio
- Refracción
- Reflexión



Existe una mayor pérdida de intensidad del haz en profundidad con ultrasonidos de mayor frecuencia, ya que la atenuación es directamente proporcional a la frecuencia del ultrasonido utilizado.

En el caso de los tejidos tratados con ultrasonidos, los que presentan mayor contenido de proteínas estructurales como es el caso de cartílago, tendones, cápsula articular, ligamentos extra capsulares y músculos, son capaces de absorber mayor cantidad de energía ultrasónica, en el caso del hueso atenúa aproximadamente unas 20 veces más que los tejidos blandos; por ende, cualquier estructura que se desee aplicar ondas ultrasónicas y se encuentre detrás del tejido óseo, se debe tener en cuenta que recibirá mucha menos dosis. Además, la zona proxima cercana al cambio de medio se verá incrementada su dosis.

Esta situación se presenta al intentar atravesar el hueso y, sobre todo, el pulmón o una burbuja de aire gástrica o cólica, y puede obligarnos a buscar tejidos a través de los cuales el haz ultrasónico pueda llegar con suficiente energía a la zona que deseamos tratar (ventanas acústicas).

La atenuación, al ser del tipo exponencial que varía según las propiedades del medio y la frecuencia del equipo emisor de ultrasonidos, se estableció un coeficiente de atenuación.

MEDIO	1 Mhz	3 Mhz
Agua (20°)	0,0006	0,0018
Sangre	0,028	0,084
Tejido nervioso	0,2	0,6
Vaso sanguíneo	0,4	1,2
Grasa	0,14	0,42
Piel	0,62	1,86
Músculo (haz perpendicular a las fibras)	0,76	2,28
Músculo (haz paralelo a las fibras)	0,28	0,84
Tendón	1,12	3,36
Cartílago	1,16	3,48
Hueso	3,22	
Aire (20° C)	2,76	8,28

Cuando el haz ultrasónico ingresa desde el transductor al tejido y atraviesa la interface (unión de dos tejidos contiguos), se produce un cambio de dirección de este haz, este suceso se denomina **Refracción**, y es uno de los responsables que el haz ultrasónico sufra una atenuación. Cuando un haz ultrasónico se dirige por un medio determinado con una impedancia Z , y a su paso se encuentra con otro medio de impedancia Z , se produce una reflexión de una parte del haz que se denomina **Eco**. Este eco o reflexión será mayor cuanto mayor sea la diferencia de impedancia entre ambos medios, como ocurre en el paso de la onda ultrasónica del tejido al aire, donde la proporción de reflexión es igual a casi 1, lo cual determina el impedimento del paso del haz al segundo medio, éste es el motivo por el cual es necesario utilizar medios de acoplamiento entre el cabezal y la piel.

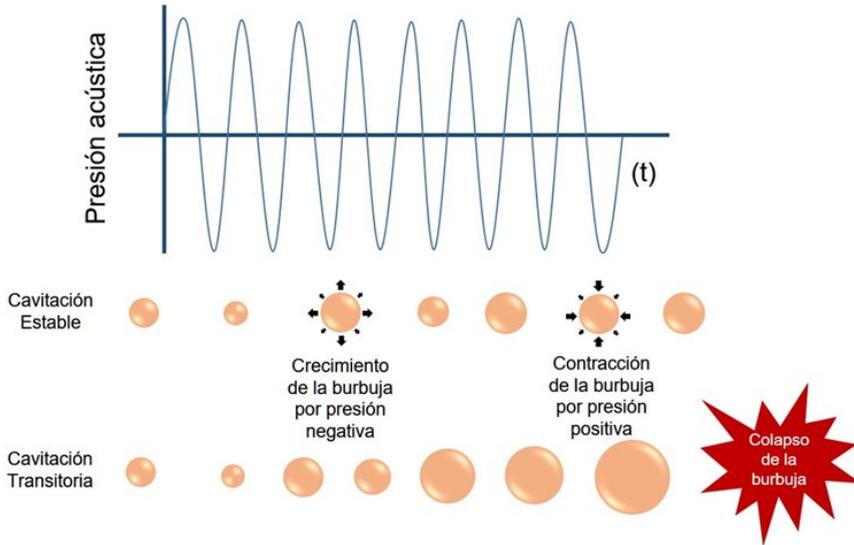
Los haces que inciden y los que son reflejados pueden superponerse, y esto puede llevar a una atenuación o una intensificación entre ellos. La intensificación se producirá cuando en la interferencia se encuentre una onda estacionaria; para disminuir este efecto o evitarlo, es conveniente que al utilizar el ultrasonido se deba movilizar el cabezal o transductor en forma permanente mientras se realiza la aplicación de la terapia o disminuyendo la intensidad.

15.5. Efecto de cavitación, pseudocavitación y ultracavitación

Al utilizar intensidades muy altas, las presiones y tracciones que sufre el medio atravesado por el haz ultrasónico pueden ser tan grandes que es posible que se produzcan lesiones. Este hecho se traducirá en la formación, compresión y deformación de burbujas de aire, denominado **cavitación** (debe ser evitado en

el tratamiento con ultrasonidos).

La cavitación estable, también denominada Pseudocavitación por algunos autores, se produce cuando, al atravesar un líquido orgánico, por la tracción y compresión se originen pequeñas burbujas del gas disuelto en ese líquido. La cavitación inestable o ultracavitación ocurre cuando se produce una implosión de las burbujas.



15.6. Equipos de ultrasonidos

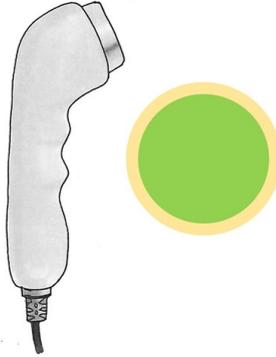
Todos los equipos constan básicamente de los mismos elementos; un generador y un transductor:

- Cabezal con su transductor (1 o 2 según marca y prestaciones)
- Panel de control (opción de pulsátil o continuo, frecuencia, intensidad, etc.)

En caso de los digitales, una pantalla para operar el funcionamiento

En el cabezal o transductor se identificarán dos áreas:

- Plano del cabezal o transductor
- Effective Radiating Area o ERA, que es área del cabezal o transductor que transmite efectivamente la frecuencia ultrasónica, debido a que el cristal emisor no vibra de forma uniforme, por tanto el ERA es menor que el tamaño del plano del cabezal o transductor.

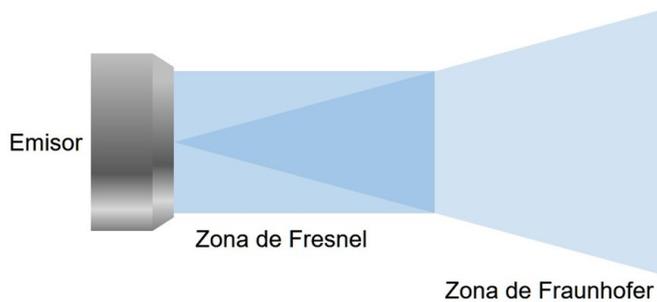


15.7. Haz de propagación

Cuando aplicamos ultrasonido a un medio homogéneo, el haz se propaga en línea recta. De este haz, es útil solo la parte más cercana al transductor el cual se denomina **zona de Fresnel**, a partir del mismo encontramos la **zona de Fraunhofer** donde el haz ultrasónico comienza a abrirse. Cuanto mayor es la frecuencia del ultrasonido, mayor será la posibilidad de dirigir el haz, pero en detrimento de su penetración.

Debido a la no homogeneidad del haz ultrasónico debe tenerse en cuenta el **BNR (Beam No uniformity Ratio)** o coeficiente de no uniformidad del haz, que normalmente viene informado en el equipo y cuyo valor no debe ser menor de 4, usualmente se encuentra entre 5 y 6. Dicho valor se obtiene de la relación entre la **SAI (Space Average Intensity)** que es la intensidad promedio sobre el área del cabezal o transductor, y la **SPI (Space Peak Intensity)** que es la intensidad máxima o pico sobre la superficie del cabezal.

Ejemplo: *BNR es igual a 5:1; esto significa que la SAI encontrándose fija en $1W/cm^2$, el SPI es de aproximadamente $5W/cm^2$.*



Campo cercano: zona de Fresnel

- Hay fenómenos de interferencia que pueden aumentar su intensidad.
- Hay ausencia de divergencia y ligera convergencia.
- A menor longitud de onda el campo cercano es mayor.
- Las acciones terapéuticas más importantes se producen aquí.

Campo distante zona de Fraunhofer

- Ausencia de fenómenos de interferencia, haz uniforme y su intensidad disminuye con la distancia.
- El haz de ultrasonido tiene mayor diámetro.
- Hay presencia de divergencia y haz en forma de campana.

Penetración según tejido y frecuencia

Tejido	1 MHz	3 MHz
Óseo	7 mm	
Piel	37 mm	12 mm
Cartílago	20 mm	7 mm
Aire	8 mm	3 mm
Tendones	21 mm	7 mm
Músculo	30 mm	10 mm
Tejido adiposo	165 mm	55 mm
Agua	28.330 mm	12.770 mm

15.8. Efectos fisiológicos

15.9. Efectos térmicos

- Se produce debido a la fricción y está en correspondencia con la intensidad, la duración del tratamiento y con el tipo de emisión.
- En tejido muscular, el aumento de temperatura puede ser tan rápido como $0,07^{\circ}\text{C}$ por segundo para un ultrasonido continuo de 1 w/cm^2 .

- Este efecto tiene mayor expresión en los límites tisulares, según impedancia específica, y la generación de calor resultante no es uniforme. Esto se puede compensar con el movimiento semiestacionario del cabezal.
- Hiperemia: se produce un aumento de circulación sanguínea en la zona tratada, en parte, debido al efecto térmico y en parte, a la liberación de sustancias vasodilatadoras.
- Aumento de la extensibilidad del colágeno.
- El tejido nervioso tiene una capacidad selectiva de absorción de la onda ultrasónica, son más sensibles las fibras tipo B y C que las de tipo A, de modo que se explica un efecto analgésico, con elevación del umbral de excitación que las aferencias nociceptivas.
- Disminución de la excitabilidad neuromuscular.
- Relajación del espasmo muscular y de la contractura refleja.
- Sobre los tejidos superficiales, los ultrasonidos producen un aumento de la permeabilidad y elasticidad, lo que favorece la penetración de sustancias farmacológicamente activas.
- Disminuye la rigidez articular.
- Eleva el umbral del dolor por bloqueo de fibras C.
- Moviliza los edemas, exudados e infiltrados.
- Aumenta el metabolismo local.
- Modifica la velocidad de conducción nerviosa.
- Modifica la permeabilidad de la membrana celular.

15.10. Efectos mecánicos

- Es el primer efecto que se produce. Genera compresión y expansión del tejido en la misma frecuencia del ultrasonido (micromasaje), tiene una acción desgasificante, por reagrupar burbujas microscópicas, situación que puede dar lugar al fenómeno de “cavitación”.
- Se produce variación de intensidad en los límites tisulares por onda estacionaria derivada de la interferencia.

- Se producen cambios de volumen celular que llegan a ser del 0,02 %, al estimular el transporte de membrana.
- Ocurre liberación de mediadores por efecto de la vibración, lo cual influye activamente en la resolución del proceso inflamatorio.
- Se estimula la fibra aferente gruesa con inhibición post excitatoria de actividad ortosimpática, con una reducción del tono muscular y relajación muscular.
- Aumento de la peristalsis precapilar (de 2-3 x min a 31 x min) con el consiguiente aumento de la circulación sanguínea.
- Estimulación de la regeneración tisular, depósito acelerado de fibras colágenas y una remodelación del colágeno cicatrizal.
- Posee efectos significativos sobre nervios periféricos a nivel de la membrana neuronal, lo que ayuda a comprender el efecto analgésico, aumenta la velocidad de conducción de los nervios periféricos, por lo que se pueden producir bloqueos temporales.
- Se produce un aumento de la producción de fibroblastos, con síntesis de fibra colágena para matriz intercelular y su posterior orientación estructural.
- Aumenta difusión a través de la membrana celular.
- Mejora el flujo sanguíneo.

15.11. Efectos químicos (derivado de los efectos mecánicos y térmicos)

- La alta presión y las altas temperaturas conseguidas por la oscilación de microburbujas previamente a su colapso producen una sonólisis del agua (H+ - OH-) y la formación de radicales libres.
- La presencia de radicales libres mejora selectivamente la permeabilidad y el estrés oxidativo en células endoteliales tratadas con ultrasonidos.
- Debido al efecto térmico el ultrasonido actúa como un catalizador de reacciones químicas
- Acción colide-química, transforma coloides en estado de gel a soluciones.

15.12. Efectos biológicos

Los efectos biológicos que se presentan son el resultado de los efectos térmicos y mecánicos. La terapia con ultrasonidos logra la estimulación de la circulación sanguínea gracias al efecto térmico, produciendo un aumento de la temperatura tisular y de la circulación local.

El incremento de la extensibilidad de los tejidos corporales y a su vez la reducción de la viscosidad de los fluidos corporales se debe a su acción sobre el colágeno.

El aumento del metabolismo celular gracias al efecto mecánico que logra aumentar la permeabilidad y el transporte iónico. Las fibras más sensibles a las ondas ultrasónicas son las del tipo B y C, siendo las menos sensibles las de tipo A, logrando de esta forma disminuir la velocidad de conducción nerviosa.

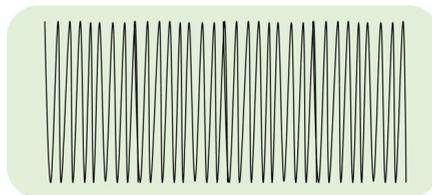
La relajación muscular es derivada del aumento de la circulación sanguínea proveniente del efecto térmico del ultrasonido, sumado a la depresión postexcitatoria de la actividad parasimpática.

Además, el ultrasonido, es capaz de lograr la estimulación de la capacidad regenerativa tisular y la reducción del dolor, debido a la aceleración de la respuesta inflamatoria mediante el incremento de la liberación de la histamina, macrófagos y monocitos; incremento del metabolismo celular, aumento de la síntesis de colágeno y disminución del edema y del dolor

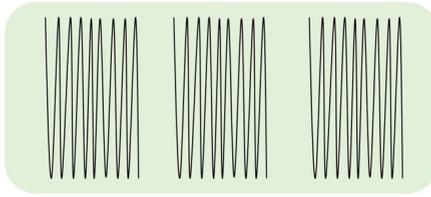
15.13. Técnicas de aplicación

Formas de emisión

Continuos: en esta forma de aplicación mantiene su emisión sin pausas de reposo, trabaja al 100%. La intensidad máxima ajustable es de $3w/cm^2$ y provoca sensación térmica.

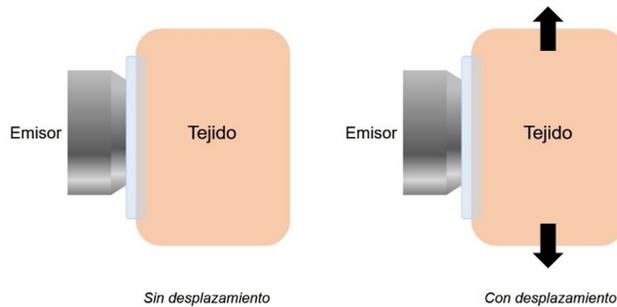


Pulsátil: mantiene su emisión con pausas de reposo. La intensidad máxima ajustable es de $5w/cm^2$, suprime sensaciones térmicas. Los períodos de trabajo son de 25, 50 y 75%.



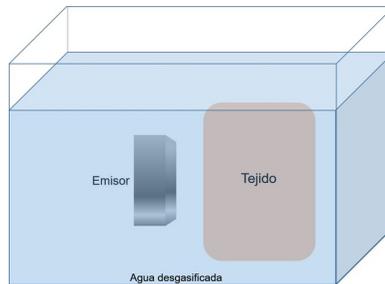
Contacto directo

- Sin desplazamiento del cabezal (superficie mayor al cabezal).
- Modalidad dinámica con desplazamiento del cabezal (circular o longitudinal), se utilizan medios de acoplamiento.



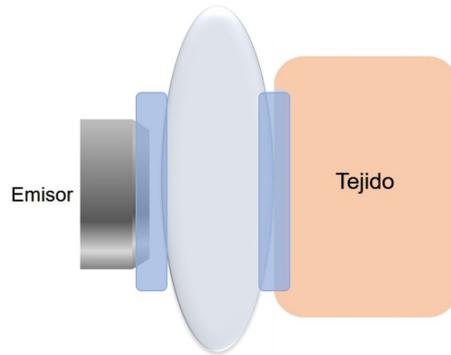
Contacto indirecto (hidrosonido)

- Se utiliza para tratar superficies irregulares.
- Agua desgasificada en un recipiente plástico o de loza.
- Temperatura adecuada de 36-37 °C.
- Evitar burbujas de superficie.
- Colocar el cabezal adecuadamente, a menos de 3 cm de distancia.



Tratamiento mixto

Es recomendado para el tratamiento en zona de superficies irregulares o cóncavas o que no puedan ser sumergidas. En esta técnica de tratamiento se coloca una bolsa de agua (preferentemente un preservativo con agua). El cabezal en contacto con la bolsa aplicando gel entre ambos para asegurar el acoplamiento y a su vez la bolsa en contacto con la zona a tratar, igualmente con gel entre ambas superficies. Es necesario el aumento de la dosis, por la pérdida de energía



15.14. Sonoforesis o fonoforesis

Consiste en la introducción de sustancias en el interior del organismo mediante energía ultrasónica. Se trata de un procedimiento por el que se introducen en el organismo moléculas completas, a diferencia de la iontoforesis que introduce iones dependiendo de su polaridad.

Las moléculas introducidas se desdoblan en el interior de los tejidos diana en elementos radicales y mediante procedimientos químicos naturales deben recombinarse con los radicales existentes en el organismo. La profundidad es bastante discutida y las sustancias a introducir son muy variables.

Dentro de las ventajas planteadas para la sonoforesis se encuentran,

- el hecho de que las partículas a introducir no tienen que tener carga eléctrica,
- no se producen efectos galvánicos,
- permite una introducción más profunda de la sustancia.

Es muy importante definir que los medicamentos para sonoforesis, deben ser

fundamentalmente en forma de geles hidrosolubles tanto los ultrasonidos continuos como los pulsados pueden aumentar la difusión de los medicamentos aplicados tópicamente por sus efectos térmicos y mecánicos.

Entre los medicamentos más utilizados están los anestésicos como la lidocaína, que bloquean los receptores del dolor; los antiinflamatorios como el diclofenaco, los salicilatos y esteroides, como la hidrocortisona y la dexametasona; las sustancias irritantes como el mentol, con el propósito de aliviar el dolor, y otros como la heparina sódica.

15.15. Dosificación

Para lograr la dosificación del ultrasonido se requiere combinar varios parámetros, entre ellos, la frecuencia, la densidad de potencia, ciclo de trabajo y el tiempo de tratamiento. Por ello, se entiende a la dosis aplicada con el ultrasonido como el producto de la intensidad por la duración del tratamiento.

A través de un esquema se puede estandarizar la intensidad de los ultrasonidos:

- En el caso de realizar tratamiento con ultrasonido pulsátil, deberá tenerse en cuenta las pausas para la equivalencia con el ultrasonido continuo. Quiere decir, que si tomamos como referencia $1W/cm^2$ de un ultrasonido pulsátil con una relación de 1:5 (equivale al veinte por ciento de la intensidad), en la terapia con un ultrasonido continuo se estaría aplicando $0,2W/cm^2$

U.S. Continuo	<0.5 Baja	0.6-1 Media	1.1-1.5 Alta	1.6-2 Muy alta
U.S. Pulsátil	<0.7 Baja	0.8-1.5 Media	1.6-2.2 Alta	2.3-3 Muy alta

Cada tejido tiene una capacidad de absorción distinta, está relacionado con la presencia de proteínas, es decir, que con mayor presencia de proteínas tendrá mayor capacidad de absorción de las ondas ultrasónicas.

La sangre y la grasa, presentan alto contenido de agua y bajo de proteínas; entonces, no tendrán tanta capacidad de absorción como sí lo tendrán los ligamentos y tendones por su alta presencia de proteínas y baja de agua. En la práctica clínica, se logró identificar que la presencia de colágeno en los tejidos mejoraba la capacidad de absorción de los tejidos.

Sangre, grasa, nervios, músculos, piel, tendones (cartílago, hueso)

Bajo

Absorción del ultrasonido

Alto

Aumento del contenido de proteínas

Dosis

- Potencia de $1W/cm$ por $5cm^2$ de superficie.
- Eficaz de cabezal = $5W$
- Superficie de la zona tratada = $10cm^2$
- Tiempo de funcionamiento = 60 seg.
 - $5W * 60seg = 300J$
 - $300J/10cm^2 = 30J/cm^2$

Tiempo de aplicación

- $J = \text{Julios Totales} = W * t$
- $W = \text{potencia del cabezal}$
- $t = \text{tiempo en segundos}$
- DOSIS en $J(cm) = J \text{ total} / S (cm)$
 - $t = \frac{J(cm)^2 * S(cm)^2}{W}$

Ejemplo

- Potencia: $1,5W/cm^2$
- Dosis: $30J/cm^2$
- Superficie: $150cm^2$
- Superficie del cabezal: $5cm^2$
 - $W = 1,5 * 5cm^2 = 7,5W$
 - $J = \text{dosis por superficie} = 30 * 150 = 4500J$
 - $t = \frac{J(cm^2) * S(cm^2)}{W} = \frac{4,500}{7,5} = 600 \text{ segundos}$

Se encuentran ejemplos de dosis en bibliografías.

A modo de sugerencia y para simplificar el sistema de elección del tratamiento; lo ideal es practicar la fórmula para determinar el tiempo y las dosis, teniendo en cuenta los ultrasonidos.

Superficie	Potencia ajustada
Cabezal fijo (5 cm ²)	0.5 W/cm ²
30 cm ²	1 w/cm ²
60 cm ²	1.5 w/cm ²
90 cm ²	2 w/cm ²
Más de 100 cm ² no deben ser tratados	

Rangos terapéuticos

W/cm ²	EFECTO
0,1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estimulación de macrófagos ✓ Degranulación de mastocitos ✓ Angiogénesis
0,2 – 0,25	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aceleración del comienzo de remodelación
0,5	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Producción de colágeno ✓ Disminución del área de herida
0,7 – 0,8	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumento de la velocidad de cicatrización ✓ Aumento de la fuerza tensil
1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumento del índice mitótico ✓ Ruptura de enlaces cruzados (proceso de remodelación)
Por encima de 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Procesos fibróticos (remodelación tardía) ✓ Efecto sobre contracturas

15.16. Indicaciones y Contraindicaciones

INDICACIONES

- Trastornos osteomioarticulares, fundamentalmente traumáticos y degenerativos
- En el caso de fracturas óseas, se recomienda a dosis “proinflamatoria”,
- Retracciones musculares, fibrosis musculotendinosas, contractura de Dupuytren, tenosinovitis, lesiones ligamentarias, lesiones de los cartílagos intraarticulares, etc.
- Tratamiento de casos complejos como esguinces cervicales, en grados I y II, sin signos de inestabilidad.
- Reparación de los tejidos blandos vinculados con el trauma.
- Estimula la producción de colágeno en el tejido lesionado, aumenta también la flexibilidad y la extensibilidad de este colágeno de neoformación
- Recuperación y reparación del tendón
- Disfunciones de la articulación temporomandibular (atm), ya que reduce la contractura de la musculatura masticatoria y periarticular
- Tratamiento de lesiones del hombro
- Estimulación en la consolidación de fracturas
- Enfermedad de Dupuytren
- Tratamiento de puntos “gatillo” de dolor y en casos de neuroma doloroso del amputado
- Trastornos circulatorios, como en casos de estasis circulatorias y colecciones líquidas crónicas
- Menor efectividad en las lesiones de nervios periféricos, sobre todo de tipo irritativas, neuropatías y dolor fantasma.
- Trastornos dermatológicos subagudos, crónicos, fibrosis y trastornos de la cicatrización

CONTRAINDICACIONES

Absolutas

- La aplicación sobre los ojos (por la posibilidad de cavitación de los medios líquidos del ojo y provocar lesiones irreversibles).
- La aplicación sobre el área del corazón. Por haberse descrito cambios en el potencial de acción en aplicaciones directas.

- La aplicación sobre el útero grávido (por cavitación del líquido amniótico, la posibilidad de malformaciones por la hipertermia).
- La aplicación sobre las placas epifisiarias en los huesos en crecimiento por la posibilidad de inducir un proceso de osteogénesis e interrumpir el crecimiento normal del hueso.
- La aplicación sobre el cráneo por la posibilidad de influir sobre el cerebro.
- La aplicación directa sobre los testículos por el daño que produce la hipertermia sobre las células germinativas.

Relativas

- La aplicación después de una laminectomía.
- Cuando hay pérdida de sensibilidad en la zona a tratar.
- Cuando hay tromboflebitis y várices severas (por la posibilidad de embolismos).
- Cuando hay infecciones con riesgos de diseminación.
- En pacientes con diabetes mellitus no compensadas.
- En la vecindad de tumores por la posibilidad de estimular o acelerar el crecimiento tumoral; con determinada dosis, se logra destruir zonas tumorales.
- Contraindicado en los tejidos con irrigación inadecuada. Debido a que la elevación de la temperatura aumentará la demanda metabólica, sin que exista una respuesta vascular apropiada.

15.17. Ultrasonografía o Ecografía

La ecografía es una técnica dependiente del operador y tiene una prolongada curva de aprendizaje, con amplio conocimiento de la anatomía normal así como de la patología en cuestión.

Los principios físicos por los que se rige la ultrasonografía o ecografía son los mismos que para los ultrasonidos terapéuticos. Con la diferencia de que el cristal piezoeléctrico, es el responsable de emitir las ondas ultrasónicas y las de receptor los ecos proporcionados por los diferentes tejidos, en respuesta a la recepción de las ondas ultrasónicas. Por lo tanto, la frecuencia del transductor (cabezal emisor y receptor de las ondas ultrasónicas) se presenta como frecuencia de repetición de pulsos (PFR), está dada por el número de veces que los cristales del transductor son estimulados por segundo; por lo cual, determina el intervalo de tiempo entre las

dos fases: emisión y recepción del ultrasonido, convirtiendo así la profundidad como condicionante de la frecuencia, que puede variar de 1 a 10 kHz. Como ejemplo, si la PFR es de 5 kHz y el tiempo entre los pulsos es de 0,2 ms, tomaría 0,1 ms para alcanzar la meta y 0,1 ms para volver al transductor; esto significa que el pulso se desplazaría 15,4 cm antes de que se emita el siguiente pulso ($1,540 \text{ m/seg} \times 0,1 \text{ ms} = 0,154 \text{ m en } 0,1 \text{ ms} = 15,4 \text{ cm}$)

El transductor es un dispositivo que transforma el efecto de una causa física de cualquier índole en otro tipo de señal, siendo la más habitual la de tipo eléctrica. La circonita de plomo con titanio es una cerámica usada como cristal piezoeléctrico y constituye el alma de dicho transductor. Existen cuatro tipos básicos de transductores: lineal, convexa o convex, sectorial e intracavitatoria, siendo constituidos por 64 a 256 cristales habitualmente dispuestos de forma rectangular, situándose uno frente al otro.

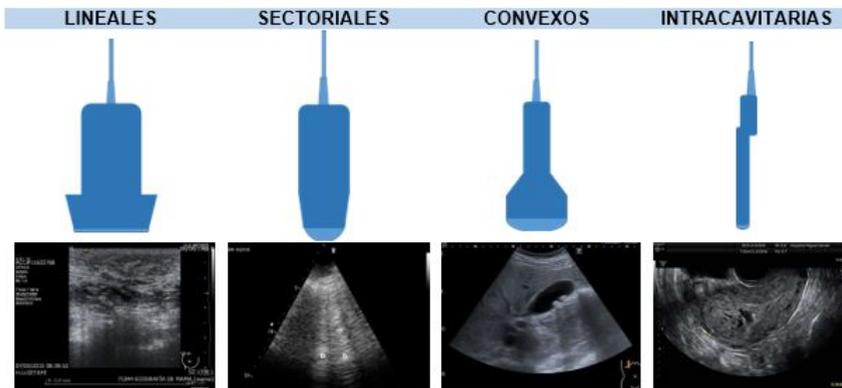


Imagen extraída de “Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico” - N. Díaz-Rodríguez, R.P. Garrido-Chamorro y J. Castellano-Alarcón

Las ecografías tienen distintas modalidades, como ser, A o de amplitud; M para estructuras en movimiento y B de representación pictórica en el tiempo real.

Modo A o modulación de amplitud. Con el modo A mediremos las crestas o picos de intensidad generados por las interfases. El modo A nos ofrece información de la distancia a la que se encuentran los objetos con los que se topa el haz de ultrasonido, por tanto cada pico corresponderá a cada interfase del objeto u objetos. Se trata de una sola línea de escaneado.

Modo M o de movimiento, se usa una representación gráfica de la señal a lo largo de la línea que representa el haz ultrasónico. Se observarán los ecos como puntos de

brillo de distinta intensidad, siendo la distancia también proporcional al tiempo que tardan en ser recibidos. Esta línea de puntos es presentada en el monitor de forma continua a lo largo del tiempo. Pueden seguir con precisión los movimientos de una estructura a lo largo del tiempo. Ecocardiografía.

Modo B o modulación de brillo transformará los picos del modo A en puntos luminosos. Al principio no había escala de grises. Solo puntos blancos y negros, al llegar el Scan Converter se llegaron a tener los 256 grises de hoy. Más tarde llega el Modo B en tiempo real y que gracias a la tecnología implementada en los transductores conseguimos introducir la variable tiempo. Los transductores emiten varios haces ultrasónicos simultáneamente, ya que disponen de hileras de cristales, en consecuencia la imagen será la suma de la información recogido por cada elemento. Alrededor de 28 imágenes por segundo. Este modo es el más usado en medicina.

La resolución es la forma o capacidad de distinguir dos objetos como independientes, siendo de tres tipos: a) axial, en el plano axial, b) lateral, en plano perpendicular al axial, y c) elevacional, en el plano del mismo nombre.

La profundidad de campo debe ser de 2 a 3 cm por detrás de la estructura a estudiar; si es excesiva, las estructuras serían muy pequeñas y puede servir para una proyección panorámica para ver estructuras adyacentes a la estudiada; por su parte, si es muy superficial, no se verá en su totalidad, pero es útil para estudio de estructuras nerviosas y vainas.

El foco por su parte, debe ser dirigido de 0,5 a 1 cm por debajo de dicha estructura. La ganancia modifica balance de grises y compensa la atenuación.

Interpretación de la escala de grises

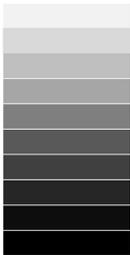


Imagen hiperecónica: Esta imagen se presenta dentro los colores grises muy claros a blanco, se refiere a estructuras que emiten un eco muy marcado. Ejemplo el hígado con alto contenido graso.

Imagen hipoecónica: Esta imagen se presenta dentro los colores grises medios, se refiere a estructuras que emiten un eco muy débil. Ejemplo el hígado con bajo contenido graso.

Imagen anecónica: Esta imagen se presenta de color negro, se refiere a estructuras que absorben las ondas sin proporcionar ningún tipo de eco. Ejemplo el hígado con alto contenido graso; estructuras con líquido como una vejiga llena de orina.

15.18. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Las ondas ultrasónicas, además de los fines diagnósticos, son ampliamente utilizadas en el campo de la fisioterapia para el tratamiento de diversas lesiones, aunque existen bastantes estudios sobre el efecto de la terapia ultrasónica en tejidos óseos, tendones y ligamentos, la información aún sigue siendo escasa, y los detractores del agente físico aumentan.

C. Pedraza Mejías y J. Martínez Cañadas, en su revisión titulada “Respuesta fisiológica del tejido conjuntivo de músculos y tendones tras la aplicación de los agentes físicos”. Para realizar su búsqueda bibliográfica, utilizaron distintas bases de datos biomédicas, tales como MEDLINE y PEDro, entre otros, donde se concentraron en trabajos publicados entre los años 1.990 y 2.006. Los resultados obtenidos en lo que respecta a los efectos que provocan los ultrasonidos en los tejidos conjuntivos, en su mayoría, demostraron que aceleraron su proceso de reparación debido al incremento en la síntesis de colágeno en los fibroblastos, mejoran las fuerzas de tensión en la curación del tendón y tienen un pequeño efecto sobre la inflamación. En el caso de ultrasonidos en modalidad continua, el efecto térmico contribuye a través del incremento del aporte sanguíneo, reducción en los espasmos musculares, incremento de la extensibilidad de las fibras de colágeno y dan lugar a una respuesta antiinflamatoria. Y en otros estudios más recientes, sugieren que el ultrasonido es capaz de facilitar la proliferación de fibroblastos y la síntesis de proteínas.

A pesar de los resultados obtenidos, se hicieron ciertas observaciones sobre este trabajo, ya que la gran parte de los estudios procedían de investigaciones con muestras de animales, que sí existen cambios provocados por los ultrasonidos, pero que falta profundizar más.

Daniela Georgina Aguilar-Velázquez, Rosa Giannina Castillo Avila, Lilia López-Narváez, Pedro Iván Arias-Vázquez, Carlos Alfonso Tovilla-Zárate “Eficacia del ultrasonido terapéutico en el dolor musculoesquelético de espalda baja: una revisión comprensiva”. En este trabajo de revisión, pusieron como objetivo, demostrar a través del metanálisis de diferentes trabajos la efectividad de la aplicación de ultrasonido en los dolores de espalda baja. Para ello, la evidencia antes presentada permite determinar que no se observa eficacia del ultrasonido terapéutico en la disminución del dolor de espalda baja. Sin embargo, el reducido número de estudios que evalúan la eficacia, así como el escaso número de pacientes incluidos, abren la necesidad de realizar otros para esclarecer la evidencia.

R. Ainsworth, K. Dziedzic, L. Hiller, J. Daniels, A. Bruton and J. Broadfield “A prospective double blind placebo-controlled randomized trial of

ultrasound in the physiotherapy treatment of shoulder pain”. Este trabajo fue realizado con la intención de determinar si el ultrasonido terapéutico tenía algún efecto sobre el hombro doloroso, para lo cual reclutaron a los participantes. Estos eran mayores de 18 años con un diagnóstico clínico de hombro doloroso unilateral, y debía incrementar este dolor con la actividad y la movilización pasiva. Los criterios de exclusión fueron: antecedentes de inflamación artritis o polimialgia reumática; daño estructural o neurológico que afecta al hombro; evidencia clínica de manguito rotador roto; sospecha de patología grave o referida dolor; fractura previa o cirugía en el hombro, miembro superior, cuello o tórax; fisioterapia previa para este episodio de hombro dolor; embarazo o lactancia; terapia de anticoagulación; y participantes para los que la ecografía estaba contraindicada.

A los pacientes seleccionados los dividieron en dos grupos:

- A) Recibieron terapia con ultrasonidos, asesoramiento para el domicilio, ejercicios y terapia manual.
- B) Recibieron terapia con ultrasonidos simulados, asesoramiento para el domicilio, ejercicios y terapia manual.

Los mismos fueron evaluados al inicio del tratamiento, a las dos semanas, a las seis semanas y a los seis meses.

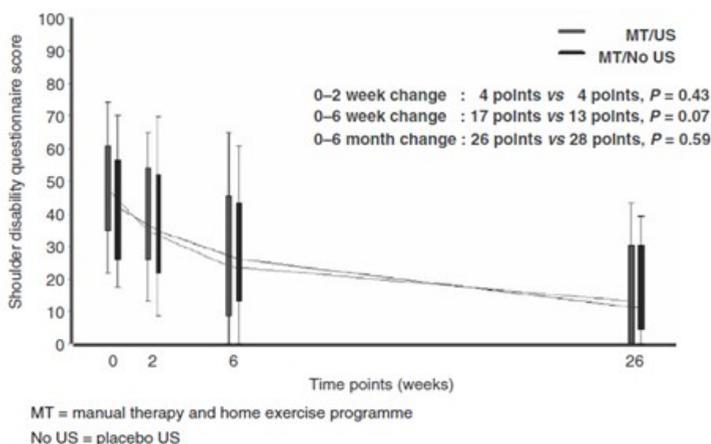


FIG. 2. Median, IQRs and 80% CI of SDQ scores.

Como se demuestra en el gráfico obtenido luego de analizar los resultados, puede observarse que no existe, prácticamente, diferencia entre los dos grupos, llegando a la conclusión de que el ultrasonido terapéutico aplicado en hombro doloroso no

demuestra tener implicancia en la recuperación.

R.M.Valentim da Silvaa, P.Froes Meyerbe, B.Ranaco Santos, J.Lirade Oliveira, Félix O.A.Ronziod, Show more “Efectos del ultrasonido de alta potencia en la adiposidad localizada”. En este estudio descriptivo sobre 40 pacientes, el objetivo fue evaluar los efectos del tratamiento sobre el tejido adiposo. Se consideraron el peso corporal, la circunferencia abdominal, la plicometría y la ecografía. Se realizaron 8 sesiones de UCV-AF durante 2 meses, frecuencia: 3 MHz, con una potencia de 30 vatios, ciclo de trabajo del 100 %, durante 15 min. El área de tratamiento fue de 10 cm².

Los resultados a través del análisis estadístico no mostró diferencias significativas en el peso corporal, pero en la circunferencia, en la plicometría y en la ecografía las diferencias fueron extremadamente significativas. Con este resultado, se dedujo que el ultrasonido de alta potencia es altamente efectivo para los tratamientos de la adiposidad, sin confundir con el peso, puesto que este no varió con respecto a la evaluación pre tratamiento.

15.19. Bibliografía

Aguilar-Velázquez D. G.; Castillo Avila R. G.; López-Narváez L.; Arias-Vázquez P. I.; Tovilla-Zárate C. A (2017). Eficacia del ultrasonido terapéutico en el dolor musculoesquelético de espalda baja: una revisión comprensiva. *Rev. Col. Med. Fis. Rehab.* 27(2):152-159. DOI:10.28957/rcmfr.v27n2a3

Ainsworth R.; Dziejcz K.; Hiller L.; Daniels J.; Bruton A. & Broadfield J. (2007) A prospective double blind placebo-controlled randomized trial of ultrasound in the physiotherapy treatment of shoulder pain. *Rheumatology.* 46:815–820. DOI: 10.1093/rheumatology/ke1423

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). *Electroterapia práctica: avances en investigación clínica.* España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) *Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica.* España: Elsevier 4^o Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) *Agentes físicos.* Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) *Agentes físicos terapéuticos.* La Habana: Ecimed

Pedraza Mejías C. & Martínez Cañadas J. (2008) *Respuesta fisiológica del tejido conjuntivo de músculos y tendones tras la aplicación de los agentes físicos.*

Fisioterapia; 30(6):279–285. DOI:10.1016/j.ft.2008.09.013

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Santoja Calderón, A. (2021). Manual de ecografía mucsuloesquelética. Easy–E-Book

Valentim da Silva R. M.; Froes Meyer P.; Ranaco Santos B.; R.; Lira de Oliveira Félix J.; Ronzio O. A. (2014) Efectos del ultrasonido de alta potencia en la adiposidad localizada. Asociación Española de Fisioterapeutas. Volume 37(2); Pág. 55 a 59

www.ecografiafacil.com -Ecografía Fácil – Blog de ecografía básica. Álvarez J. 23 de enero de 2022

Regresar al Sumario

16. ONDAS DE CHOQUE

Se aplica el término **ondas de choque** a las ondas de presión acústica que se originan en cualquier medio elástico, que a su vez provocan cualquier tipo de propagación ondulatoria, y que transporta energía a través de un medio continuo o al vacío; de tal manera, que su frente de onda provoca un cambio abrupto en las propiedades del medio.

Según la Enciclopedia Británica, es una fuerte onda de presión en cualquier medio elástico, tal como el aire, agua, o una sustancia sólida, producida por las aeronaves supersónicas, explosiones, rayos u otros fenómenos que generan violentos cambios en la presión.

En el campo terapéutico, las ESWT (extracorporeal shock wave therapy) se trata de la aplicación de ondas mecánicas de presión, de gran densidad de energía, que se introducen en el interior del organismo desde la superficie de la piel, desencadenando procesos de reparación tisular. Estas ondas están generadas por un equipo con características especiales, que logran producir un pico de onda de presión positiva llegando a 100 MPa y un pico de onda de presión negativa de -10 MPa, que son introducidos en el cuerpo mediante un aplicador de ondas de choque libremente móvil y afectando a toda la zona de irradiación, que da como resultado un efecto directo proveniente de la presión positiva (cambios de densidad en tejidos y medios) y un efecto indirecto de la presión negativa (efecto de cavitación).



1 MPa es igual a 10 veces la presión atmosférica

El origen de las OC como acción terapéutica surgió en los años sesenta en Alemania, cuando se las estudiaba en su acción en los tejidos animales. Los efectos dinámicos

producidos en las interfaces de los tejidos que provocan un salto en la resistencia acústica, fue la base física para concluir que, al atravesar tejidos homogéneos como los músculos, los tejidos grasos o huesos, los efectos secundarios eran escasos, no así en los que contienen aire, como los pulmones, cerebro o intestinos, produciendo lesiones.

En 1.980 las OC fueron introducidas en medicina con el objetivo de la destrucción de los cálculos renales a través de Chaussy en el Hospital Universitario de Múnich que realizó la primera **litotricia extracorpórea** en humanos. En el año 1.988, se realizó el primer tratamiento con OC de alta energía en pacientes con retardo de consolidación y en la no unión de fracturas (Valchanou y Michailov, 1991), donde informaron un resultado de un 85% de éxito, el procedimiento se realizó con aplicación de anestesia local y sin dejar efectos secundarios graves.

La International Society for Medical Shockwave Treatment (ISMST), debido al interés médico, autorizó por consenso la utilización terapéutica en condiciones de seguridad en un conjunto de patologías. Es desde ese momento que las OC se ampliaron a las áreas de la traumatología y la rehabilitación

16.1. Tipos de Ondas de Choque

Ondas de choques focales

Estos tipos de ondas son originados de forma electromagnética, electrohidráulica o piezoeléctrica.

Se denominan ondas de choque focales a las que convergen en un punto llamado foco, donde se produce el máximo pico de presión acústica. Se encuentran dentro de las más utilizadas en medicina.

Son capaces de generar distintos niveles de energía, con la característica de expandirse en forma convergente en un área de 2 a 8 mm de diámetro, aumentando su eficacia con la profundidad logrando mejorar los efectos terapéuticos y minimizándolos en otros tejidos. Los tres niveles de energía utilizados son:

- Baja energía: hasta $0,28mJ/mm^2$. Su efecto es analgésico.
- Media energía: desde $0,28mJ/mm^2$ hasta $0,6mJ/cm^2$. Su efecto está basado en la estimulación de las reacciones metabólicas.
- Alta energía: a partir de $0,6mJ/mm^2$. Sus efectos derivan de la formación de burbujas de cavitación.

Se logran buenos efectos, aunque la energía que se utilice debe ser moderada (menores a $0,12mJ/mm^2$)

Ondas de choque radiales

Estas ondas son generadas por un proyectil acelerado por un impulso neumático que golpea el transmisor (placa de rebote: boquilla). Las ventajas que presenta este tipo de ondas de choque en comparación con las focales son:

- Seguridad y tratamiento suave
- Equipo más económico
- Bajo costo de mantenimiento por la gran duración del aplicador
- Se puede focalizar usando un transmisor especial

Las ondas de choque radiales tienen la característica de expandirse en forma divergente con la consecuente pérdida de energía tras su propagación, perdiendo eficacia con la profundidad.

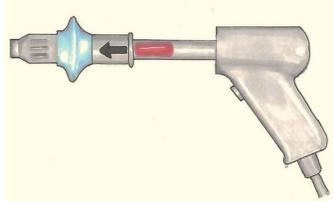
Esto deriva en la imposibilidad de seleccionar un punto específico en el organismo. Generan ondas de media y baja energía con las siguientes características:

- Número de impulsos entre 500 y 3000, dependiendo del área de tratamiento
- Presiones del compresor de aire del equipo entre 5 y 8 Bares
- Presiones positivas entre 5 Y 120 MPa y negativa de -10 MPa
- Frecuencia entre 1 y 22 Hz, dependiendo de la tolerancia del paciente.
- Sesiones entre 2 y 6, según la zona a tratar
- Tiempo entre sesiones aproximadamente 7 días (tener en cuenta el proceso de cicatrización)

En efecto significativo de las ondas de choque sobre los tejidos blandos esta dado por la cavitación como consecuencia de la fase negativa de la propagación de la onda.

16.2. Mecanismo de producción

Fundamento biofísicos



La generación de las ondas de choque, se realiza con aire comprimido, mediante una balística precisa en el aplicador de ondas de choque.

El aire comprimido acelera un proyectil. El movimiento y el peso del proyectil, juntos, producen energía cinética. Cuando el proyectil choca con una superficie inmóvil (transmisor de choque), esta energía de movimiento se transforma en energía acústica. Este impulso acústico se acopla mediante una tapa de protección o con ayuda de gel en el tejido que se debe tratar.

Existen otros mecanismos de producción de las ondas de choque que dependen del equipo utilizado. Puede ser de origen electrohidráulico, electromagnético, o piezoeléctrico como en el ultrasonido terapéutico, esto ocurre en el caso de las ondas de choque lineales o focales.

Como ocurre en el ultrasonido, este haz acústico de la onda de choque es un haz de propagación lineal.

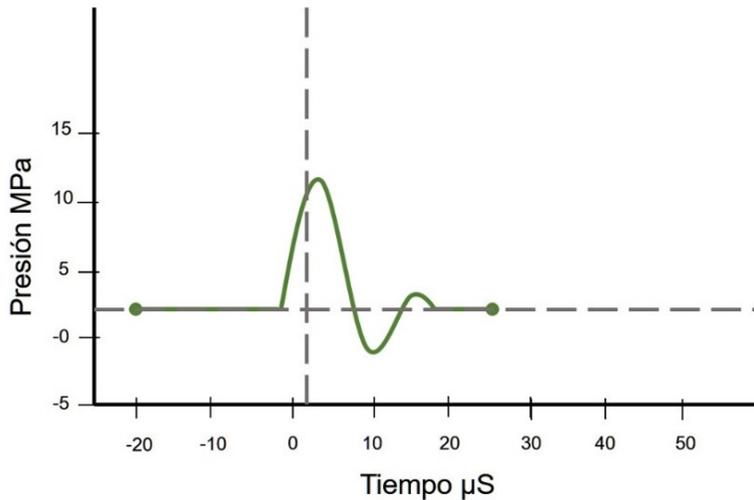
El haz sónico está sometido a fenómenos de reflexión, refracción y dispersión, esto sucede cuando el haz pasa de un medio a otro, de diferente resistencia sónica (impedancia acústica), se refleja directamente proporcional a la diferencia de impedancia entre los medios, dando como resultado en los tejidos fuerzas de tensión y cizallamiento. Las presiones alcanzadas por las ondas de choque pueden llegar a ser 1.000 mayores que las de los ultrasonidos.

Se establece una presión de campo que se expresa en Megapascal (MPa) y está en función del tiempo y del espacio. La presión máxima se produce en el centro del foco, pero los efectos terapéuticos no solo ocurren allí. Se establece, además, una densidad de flujo energético (energía proporcionada por unidad de superficie, mJ/cm^2) y finalmente una energía total (es la suma total de todas las densidades de energía proporcionadas).



Las características particularidades de la onda de choque son:

- Presión positiva alta (entre 5 y 120 Mpa).
- Tiempo de instauración corto (10 ns).
- Ciclo de vida: corto (10 ns).



16.3. Efectos biológicos y mecánicos

Efectos biológicos:

- Efecto dispersivo, que es capaz de mezclar dos líquidos insolubles.
- Incremento de la microcirculación local
- Angiogénesis
- Aumento de la proliferación celular

- Estimula las reacciones metabólicas que causan cambios en la permeabilidad de la membrana
- Se produce estimulación osteoplastia con incremento de los niveles de factor de crecimiento
- Remodelación colágena

Efectos mecánicos:

- Acción desgasificante y el fenómeno de cavitación, creando burbujas que cambian la consistencia de los depósitos de calcio
- Mecanotransducción, que es el procesos de transducción* de señales celulares del tipo biológico en respuesta a los estímulos mecánicos

* *es la transformación de un tipo de señal o energía en otra de distinta naturaleza.*

16.4. Teoría sobre el Efecto analgésico

Se basa en diferentes teorías:

- Las ondas de choque destruyen las membranas celulares. Los nociceptores ya no pueden producir ningún potencial generador y, por lo tanto, no pueden emitir señales de dolor.
- Las ondas de choque estimulan los nociceptores, de manera que éstos emiten muchos impulsos nerviosos. Como está descrito en la teoría de la puerta de entrada (gate control), se bloquea la transmisión de tales impulsos al sistema nervioso central.
- A causa de las ondas de choque, el medio ambiente químico de las células es sustituido por radicales libres que producen sustancias inhibitoras de dolor.
- Según la teoría de la memoria asociativa de dolor (Wess), las señales de dolor aferentes se transmiten en el sistema nervioso central a través de múltiples conexiones sinápticas que hacen, en fin, que fibras eferentes controlen la tensión muscular. El mecanismo de los reflejos funciona como un circuito de regulación.
- Durante el tratamiento con ondas de choque, se transmiten fuertes señales, que estimulan procesos químicos en los puntos de conexión sinápticos. La muestra compleja temporal y espacial de estímulos es almacenada, como un engrama, en las sinapsis en forma de modificaciones de larga duración.

- El enlace asociativo patológico entre dolor y tensión de músculo o vaso, se rompe por el tratamiento con las ondas de choque por su fuerte estímulo y permite, de esta manera, la nueva impresión de muestras naturales de movimiento. De este modo, la tensión muscular vuelve a su estado normal.

Efecto neovascularizante

Las OC provocan micro rupturas de capilares, con la consiguiente migración de células endoteliales al espacio intersticial, de esta forma, favorece a la puesta en marcha de procesos fisiológicos y biomoduladores. Se evidencia dicho proceso, por la activación de la dilatación vascular y la angiogénesis en el lugar de la aplicación mediante la estimulación de la producción de factores de crecimiento en el tejido, como la síntesis de óxido nítrico endotelial; factor de crecimiento endotelial vascular; antígeno nuclear celular proliferante y proteínas morfogénicas óseas (tejido tendinoso y óseo).

Efecto sobre la reparación y cicatrización del tejido

Al estar en presencia de acciones mecánicas provocadas por las OC, provocan un efecto desfibrosante sobre el tejido conjuntivo, aumentando el metabolismo tisular. La degradación de los mediadores del proceso inflamatorio, debido a la hiperemia provocada y la hipervascularización, es lo que podría justificar el efecto terapéutico en los procesos degenerativos de los tendones. En los casos de la osteogénesis, se cree que puede estar provocado por la estimulación de factores osteógenos a causa de las micro fracturas corticales, el estímulo de la neovascularización y proliferación de los osteoblastos.

Efecto sobre la relajación muscular

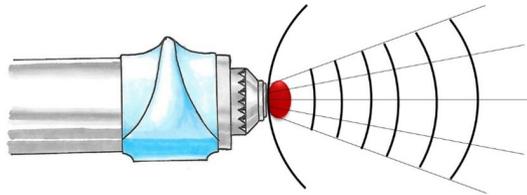
Sabemos que para lograr, en la mayoría de los casos, la relajación muscular precisamos un aumento de la oxigenación del tejido muscular. Las teorías están basadas en el aumento de la microcirculación con el consecuente aumento del metabolismo, provocas por las ondas de choque.

Efecto sobre la destrucción de las calcificaciones

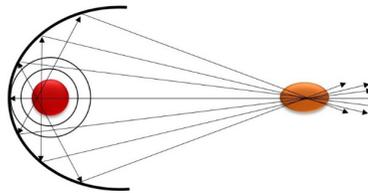
La fase de presión negativa de la onda de choque genera que las burbujas colapsen bruscamente (efecto de cavitación) sumado a la presión positiva, logran desintegrar las calcificaciones. Si bien aún no hay suficiente evidencia científica, se recomienda previo a un proceso quirúrgico, la aplicación de las ondas de choques, ya que además de la posibilidad de desintegrar el depósito de calcio, tiene un efecto sobre los síntomas y la impotencia funcional generada por estas calcificaciones.

16.5. Técnicas de aplicación

Desde el punto de vista metodológico, se pueden utilizar dos variantes: En el primer caso el aplicador de ondas de choque se coloca sobre una región específica del cuerpo, donde se aborda directamente una lesión. En el segundo caso, el aplicador de ondas de choque se coloca sobre la región de dolor, se acciona el pulsador disparador y se ajusta el modo de disparo continuo, mediante el dispositivo de retención fijado al lado del aplicador, se toma el aplicador de ondas de choque por detrás de la corona del transmisor de choque y se mueve cuidadosamente.



Ondas de choque radiales



Ondas de choque focales

Dosificación

Las ondas de choque se diagraman según la cantidad total de energía aplicada, ésta se expresa en milijulios (mJ), que resulta de multiplicar la energía de un impulso por la cantidad de disparos. Lo que hay que tener presente ante esta dosificación es que los tejidos presentan diferente impedancia, según cual se trate, sumado a los efectos de reflexión, refracción y dispersión, que concluyen en una pérdida de energía progresiva al avanzar hacia tejidos profundos. Otro parámetro a tener en cuenta es la frecuencia de los impactos (Hz).

Las aplicaciones se dividen en tres niveles de energía según el efecto que deseamos obtener, bajo la denominación de FED:

- Baja energía: FED menor a $0,08mJ/mm^2$. Aplicadas sobre Tendinopatías periféricas sin afecciones histológicas, provocando un efecto analgésico

- Media energía: FED entre 0,08 y 0,28mJ/mm². Aplicados en procesos degenerativos tendinosos, especialmente con depósitos de calcio.
- Alta energía: FED mayor a 0,28mJ/mm². Aplicadas sobre fracturas por estrés, pseudoartrosis y retardos de consolidación.

16.6. Precauciones e Indicaciones

PRECAUCIONES

- No se debe tratar con ondas de choque encima de tejidos llenos de aire (pulmón) o en áreas de nervios y vasos grandes, como la columna y cabeza.
- Como efectos secundarios se plantean enrojecimientos, petequias y lesiones de la piel, en el caso de un tratamiento anterior con cortisona, se debe suspender hasta 6 semanas antes del primer tratamiento con ondas de choque.
- Uno de los problemas que tienen los tratamientos con ondas de choque es la producción de hematomas.
- Se ha estudiado la cantidad de energía necesaria para producir, experimentalmente, daño vascular y se ha demostrado que las densidades de energía por debajo de 0,3mJ/mm² no producen daño vascular, pues se necesitan densidades de energía de 0,4 a 0,6mJ/mm² para producir una lesión vascular en grado variable, pero nunca de gran intensidad. Mientras el tratamiento se mantenga por debajo de 0,3mJ/mm², no se debe tener ningún problema en este sentido.
- Posibilidad de osteonecrosis como efecto adverso a largo plazo del tratamiento. Este fenómeno se previene al utilizar dosis conservadoras.

INDICACIONES

- Fascitis plantar y espolón calcáneo
- Tratamiento del hombro doloroso
- Lesiones tendinosas
- Epicondilitis y epitrocleitis
- Tendinopatías
- Puntos gatillo
- Contracturas musculares

- Calcificaciones
- Periostitis asépticas
- Fracturas por estrés
- Pseudoartrosis
- Fracturas

16.7. Efectos secundarios, complicaciones y contraindicaciones

Efectos secundarios

- Eritema
- Petequias
- Pequeños hematomas, equimosis
- Dolor irradiado
- Edema óseo visible en resonancia magnética
- Migrañas y síncope

Complicaciones

- Neumotórax, al tratar en región intercostal y el ápex pulmonar
- Hemorragias en pacientes anticoagulados
- Paresia neurológica, por aplicaciones directas en nervios periféricos (evitar)

CONTRAINDICACIONES

- Infección aguda o purulenta del tejido blando/hueso.
- Epifisiolisis en foco.
- Trastornos de la coagulación (como la hemofilia) o medicación anticoagulante.
- Enfermedades primarias malignas.
- Embarazo.
- Presencia de marcapasos.

- Interposición entre la lesión y la onda de choque de tejido pulmonar, médula espinal, o nervios principales.
- Inmadurez esquelética.
- Trombosis.
- Polineuropatía diabética.
- Niños en edad de crecimiento.

16.8. ¿Qué dicen los artículos científicos?

La terapia de ondas de choque es un tratamiento muy efectivo para la consolidación tardía o no unión del hueso. Éste es un método seguro y sin complicaciones. ESWT debe considerarse en todos los casos de retardo de consolidación, pudiendo ayudar a evitar la cirugía en condiciones favorables. Fue la conclusión a la que llegaron Tomasz Bara y Marek Synder, en su estudio sobre los nueve años tratando fracturas no consolidadas o con retardo de consolidación.

La publicación detalla claramente cómo es que lograron la consolidación de la fractura en un total del 83% de los pacientes después de 3 a 6 meses. Podría decirse que el método representa un complemento útil para el tratamiento de los trastornos de la unión ósea. Es un método de elección para pacientes con fragmentos óseos no desplazados. Se puede utilizar con implantes metálicos o inmovilización en un yeso o aparato ortopédico. En pacientes con fragmentos óseos dislocados. Los mejores resultados se observaron en uniones tardías y pseudoartrosis vitales. Las pseudoartrosis atróficas no respondieron bien y los defectos óseos grandes no se rellenaron.

Con el objetivo de la analgesia, Hausdorf J. et al., a través de su trabajo publicado en el año 2.008. Estudiaron sobre la pérdida selectiva de fibras nerviosas amielínicas después de la aplicación de las ondas de choque extracorpóreas en el sistema musculoesquelético. La investigación utilizó a siete conejos, la aplicación se realizó sobre la pata trasera derecha, quedando la izquierda como control; en este caso, los conejos fueron anestesiados al momento de aplicar las ondas de choque. Las ondas de choque se aplicaron mediante la técnica de sumersión, tanto la zona a tratar como aplicador, de esta forma asegurar que las ondas no perdieran potencia. La dosificación fue de una FED de $0,9mJ/mm^2$, a una frecuencia de 1 Hz y por un lapso de 25 minutos.

Llegaron a la conclusión de que la analgesia a largo plazo y la reducción de neurogénicos inflamatorios por denervación selectiva inducida por ondas de choque,

podría ser un objetivo importante y novedoso en el tratamiento de enfermedades como la tendinitis calcificante del hombro, codo de tenista y fascitis plantar crónica.

16.9. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed 9(3):254-8.

Hausdorf J., Lemmens M.A.M., Heck K. D. W., Grolms N., Korr H., Kertschanska S., Steinbusch H. W. M., Schmitz C. & Maier M. (2008). Selective loss of unmyelinated nerve fibers after Extracorporeal shockwave application to the Musculoskeletal system. Neuroscience. 155:138-144

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Tomasz B., Marek S. (2007) Nine-years experience with the use of shock waves for treatment of bone union disturbances. Ortop Traumatol Rehabil. 9(3):254-8.

Regresar al Sumario

17. LASER

17.1. Laserterapia

La palabra láser es un acrónimo de las palabras inglesas: *light amplification by stimulated emission of radiation*, es decir, amplificación de luz mediante emisión estimulada de radiación. Realmente, representa el nombre de un dispositivo cuántico, que sirve para generar ondas electromagnéticas de la gama óptica.

Se define como laserterapia la acción sobre el organismo de una terapia energética, siendo la energía lumínica aportada la mayor responsable del resultado terapéutico. El láser proporciona una forma de emisión de radiación luminosa de características especiales.

A partir de experiencias realizadas a principios de los 70, se comenzó a observar que la irradiación láser de bajo nivel energético, sin llegar a producir efecto térmico, podía tener una acción estimulante sobre ciertos procesos biológicos, como la cicatrización o la resolución del edema y la inflamación. Esta modalidad “atérmica” de tratamiento constituye la laserterapia de baja intensidad o de baja potencia, de especial interés en medicina física, a la que se dedicará principalmente este capítulo.

Características del láser

- Monocromática, porque la radiación está compuesta por ondas de la misma longitud
- Coherencia, debido a que las ondas mantienen su fase relativa al desplazarse
- Direccionalidad, al alejarse de la fuentes de emisión, la dispersión de la radiación muy pequeña

17.2. Teoría fotónica de Einstein

En 1905, Albert Einstein propuso una explicación para el efecto fotoeléctrico. Retomó la hipótesis de Planck de que la energía está cuantizada cuando es emitida o absorbida y la extendió a la propagación de la luz y su interacción con la materia.

Relación de Einstein:

- Cuando la luz se propaga, la energía no se reparte de manera uniforme en todos los puntos del frente de onda, sino que se encuentra concentrada en

cuantos"(posteriormente se llamaron fotones). La energía de cada fotón es:

- $E = h * v$ (***E**: energía; **h**: constante de Planck; **v**: frecuencia de la radiación*)

- Si la energía del fotón es suficiente para arrancarlo del metal, se produce el efecto fotoeléctrico al interactuar el fotón con el electrón.

17.3. Tipos de laser utilizado en fisioterapia

Láser de alta potencia

- De rubí
- De dióxido de carbono
- De argón
- De neodimio-yag

Láser de baja potencia

- De He-Ne
- De Arsenurio de Galio
- De CO_2 desfocalizado (no apto en fisioterapia)

Tipo	Color	Long. de onda	Potencia
Elio –Neón	Rojo	632,8 nm	De 0,5 a 50mw
CO2	Infrarrojo no visible	De 905 a 1.006 nm	De 0,01 a 5.000 w
Arseniuro de Galio	Infrarrojos (no visible)	De 780 a cerca de 1.000 nm	DE 0,001 a 5 W (con racimos de diodos se consiguen potencias considerables)

Tipos de emisores láser	
I <0,5 mW II < 1 mW	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia muy baja. • Emiten luz roja visible. • No producen quemaduras.
III A < 5 mW III B < 500 mW	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia media, generalmente inferior a 50mw, con luz roja visible o infrarroja no visible. • Se utiliza en fisioterapia en la llamada terapia por láser de baja intensidad (III), láser frío o láser blando. • No tiene un efecto térmico apreciable ni producen lesiones cutáneas en una aplicación normal, pero son peligrosos si alcanzan los ojos. • El riesgo mayor, es porque no se ve y no contrae las pupilas. • Paciente y terapeuta deben usar gafas especiales de protección. • Son usados en fisioterapia con potencias de 20 – 100 mw.
IV >500 mW	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia elevada. • Producen destrucción tisular, incluso con vaporización de los tejidos. • Se utilizan en cirugía para coagulación o corte, para el tratamiento de tumores, para eliminar capas superficiales de la piel y cauterizaciones puntuales en oftalmología. • Algunos láseres de gran potencia, como el CO2 se pueden utilizar en fisioterapia en dosis bajas.

17.4. Propiedades del laser

Longitud de Onda

- La longitud de onda de la radiación láser se encuentra entre 700 y 1.100 nm. Lo que permite una óptima profundidad de penetración en el tejido humano.

Potencia y densidad de potencia

- La potencia de un láser se mide en vatios o milivatios.
- La densidad de potencia, se expresa en milivatios sobre centímetros cuadrados

Energía y densidad de energía

- La energía es la potencia multiplicada por el tiempo de aplicación y se mide en julios:

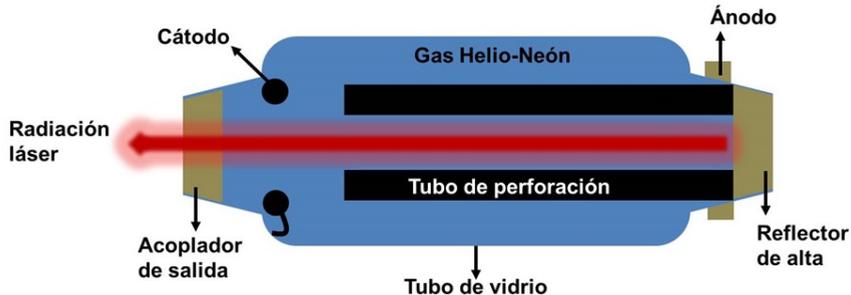
$$\bullet \text{ energía } (J) = \text{potencia } (w) \times \text{tiempo } (s)$$

- La densidad de energía o también denominada fluencia, es la cantidad de potencia por unidad de área y se mide en Julios por centímetro cuadrado (J/cm^2)

Existen aparatos de laserterapia que poseen funciones de emisiones continuas, pulsadas y superpulsadas. Por lo que es necesario tener en cuenta que:

- **En el caso de que la emisión sea continua.** La potencia media es igual a la potencia pico.
- **Si la emisión es pulsada.** La potencia media es igual al 50 % de la potencia pico (el pulso tiene la misma duración que la pausa).
- **En los equipos con emisión super pulsada.** La potencia media es igual al 10 % de la potencia pico (la frecuencia es mayor, pero el pulso tiene menor duración que la pausa).

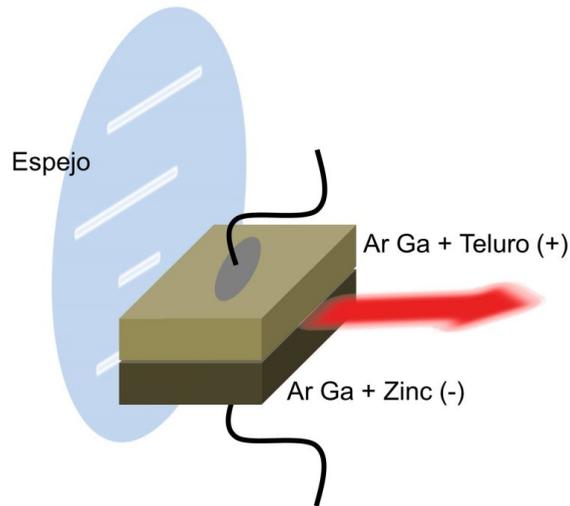
17.5. Laser de Helio-Neón



El laser se genera en una cámara con mezcla de gases (helio y el neón).

El láser de helio-neón fue el láser más común hasta la aparición de los láseres de diodo en los últimos años. Fue construido por primera vez por Ali Javan en 1961. El medio activo es el gas noble neón (Ne).

17.6. Laser de Arseniurio de Galio



Es un importante semiconductor y se usa para fabricar dispositivos como circuitos integrados a frecuencias de microondas, diodos de emisión infrarroja, diodos láser y células fotovoltaicas.

En el caso del láser con fines terapéuticos, tiene la característica de emitirse en forma pulsada de 2 a 300 Hz, lo que permite una potencia de 100 a 200 mw. Se focaliza con lentes y se aplica cerca de la piel del paciente. Se absorbe poco por la hemoglobina y el agua (3-4mm penetración efectiva).

17.7. Efectos fisiológicos

- Aumento de la producción de trifosfato de adenosina
- Aumento de la producción de colágeno
- Modulación de la inflamación
- Inhibición del crecimiento bacteriano
- Favorece la vasodilatación
- Alteración de la velocidad de conducción y de la regeneración nerviosa

17.8. Modo de aplicación

- Punteado: el aplicador contacta con la zona a tratar en forma perpendicular. Esta modalidad es quizás la que asegure la mayor cantidad de energía.
- Pincelado: es similar a la técnica del punteado con la diferencia en que el aplicador deberá ir desplazándose. Implica mayor tiempo de aplicación.
- Baño: es una técnica que utiliza lentes divergentes capaces de ampliar la zona irradiada. Se utiliza en forma estática en un determinado sector.
- Barrido: similar a la técnica del baño con la diferencia que no permanece estática sino que se va desplazando
- Puntos reflexogenos: utiliza como puntos de aplicación los puntos de acupuntura.

Dosis recomendada

Tipo de cuadro	Dosis recomendada (J/cm ²)
Cicatrización de partes blandas	5 – 16
Consolidación de fracturas	5 – 16
Artritis: aguda	2 – 4
Artritis: crónica	4 – 8
Linfedema	1,5
Neuropatía	10 – 12
Inflamación aguda de partes blandas	2 – 8
Inflamación crónica de partes blandas	10 - 20



17.9. Laser De Alta Potencia

Es un laser de clase IV, terapéuticamente los valores de la potencia media rondan los 5 watt a 30 watt (5.000 miliwatt a 30.000 miliwatt). Algunos equipos vienen con generadores de crioterapia que trabajan a -30° , que con la aplicación de un minuto de crioterapia logra el mismo efecto que 30 minutos de bolsa de hielo, cuyo objetivo es lograr una vasoconstricción superficial; el láser al ser absorbido por la sangre logra aumentar la eficacia a nivel profundo entre un 20 % a 30 %.

El haz del láser, como emisión electromagnética no es capaz de romper las moléculas, como si lo es por ejemplo el ultravioleta. El láser de alta potencia sirve en terapia para proporcionar la dosis terapéutica necesaria en un tiempo de tratamiento razonable, y así la alta densidad de potencia por cm^2 ayude a llevar la energía láser a mayor profundidad.

En el año 1.969 se hizo el primer estudio con láser irradiando las espaldas de ratones, con el objetivo de irradiar a células cancerígenas, se descubrió que estos ratones les crecía el cabello más rápido. Se continuó con estudios in vitro estimulando células, las cuales se reproducían, llegando a determinar una dosis necesaria de entre 4 y 10 Julios. A nivel terapéutico, teniendo en cuenta la ley de Lambert – Beer, debemos aumentar esta dosis, es por esto que la dosis debe ser mayor, ya que no es la misma dosis a nivel superficial que profunda, a veces hasta perdiendo entre un 80 a 90 % a 8 cm. de profundidad en la zona a tratar.

El haz de estos equipos cubre un área uniforme de 1 a 3 ó 5 cm^2 , normalmente se utiliza de 4 a 5 w/cm^2 de potencia, pudiendo algunos terapeutas llevarlo a 8 w/cm^2 en modo pulsado. En el caso de los láseres de alta potencia, a diferencia con los de baja, presentan un efecto térmico que acompaña a la aplicación de esta terapia; es

por esto, que si es necesario llegar a un nivel profundo sin la acción térmica se debe utilizar la emisión en modo súper pulsado (lesiones agudas o subagudas).

Los últimos estudios, al considerar el modo pulsado y continuo, marcaron diferencia en los efectos entre ambos, cuando la emisión pulsada llega a los 100 Hz. Una vez superada esa frecuencia, se manifiesta que no hay ninguna diferencia.

17.10. Indicaciones, contraindicaciones y precauciones

INDICACIONES

- Cicatrización tisular; partes blandas y hueso
- Artritis y artrosis
- Linfedema
- Trastornos neurológicos
- Tratamiento del dolor

CONTRAINDICACIONES

- Hematoma reciente.
- Irradiación directa a los ojos (absoluta)
- Presencia de marcapasos.
- Procesos agudos infecciosos.
- Presencia de procesos neoplásicos.
- Cardiopatías en etapas de descompensación.
- Hipertiroidismo.
- Embarazo.
- Epilepsia.
- Antecedentes de fotosensibilidad.

PRECAUCIONES

- Colocar una señal de advertencia que se está utilizando un láser en el área de trabajo, puesto que tiene la capacidad de dispersión.

- No utilizar en el área de tratamiento superficies brillantes que puedan reflejar el haz láser.
- Utilizar gafas protectoras, tanto terapeuta como paciente.

17.11. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Los estudios han demostrado que la fototerapia con láser de baja potencia es realmente eficaz en el tratamiento de las heridas, acelerando su cicatrización. Fábio Luiz Costa Pereira et. al plantearon el objetivo de demostrar que el láser de alta potencia es igual de eficaz en menor tiempo. Para ello realizaron la aplicación de terapia con láser de alta potencia en una lesión extensa de piel. El equipo utilizado para este caso, fue un láser con diodo de alta potencia con 980 nm de longitud de onda, con menor tiempo de exposición y menor número de sesiones.

Los resultados mostraron que se pudieron alcanzar los beneficios demostrados en la bibliografía con los láser de baja potencia, pero con un menor número de sesiones, tiempos muchos más cortos en cada una de las sesiones, y por eso con menor exposición de los tejidos al láser. Esto propicia la aplicabilidad para casos de heridas mayores e inclusive quemaduras extensas, abreviando los riesgos de las complicaciones producidas por el lento proceso de cicatrización.

En el caso del láser de baja potencia, se realizaron estudios, como por ejemplo, el del David Halen Araújo Pinheiro et. al, sobre los efectos del láser de baja potencia en el tratamiento de cervicalgia, donde los resultados fueron prometedores, marcando una mejora en la calidad de vida de los pacientes sometidos a dicho tratamiento.

17.12. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Araújo Pinheiro, David Halen; Vasconcelos da Silva, Karina Kelly; Cardoso da Silva, Cristina. (2018). Efeitos do laser de baixa potência no tratamento de cervicalgia: estudo de casos. Revista Varia Scientia – Ciências da Saúde. Volume 4 – Número 1 – Primeiro Semestre de 2018.

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

- Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed
- Costa Pereira, Fábio Luiz; Corassa, José Marcelo; Mendes, Pablo da Silva; Machado Rossi Fabrício; Pereira Alves, Mariana; Sales Pereira, Víctor (2018) Uso del láser de alta potencia (HPLT) en la cicatrización de heridas: relato de caso. Revista FLEBOLOGÍA. 2018;44:13-20
- Guyton A. C.; Hall J. E. (2016) Tratado de fisiología médica. España 13^o edición. Ed. Elsevier.
- Moreno C.; Prada D. (2004) Fisiopatología del dolor clínico. Bogotá, Colombia. Asociación Colombiana de Neurología
- Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin
- Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2^o Edición
- Rouvière, H.; Delmas, A. (1998) Anatomía humana Tomo I, tomo II y tomo III. Barcelona, España. 9^o edición. Ed. Masson.
- Wall P.; Melzack R. (2007) Tratado del dolor 5^o Edición Versión en español. Ed. Elsevier.

Regresar al Sumario

18. MAGNETOTERAPIA

Se denomina magnetoterapia al procedimiento terapéutico que consiste en la aplicación de campos magnéticos artificiales en todo el cuerpo o en alguna región del mismo.

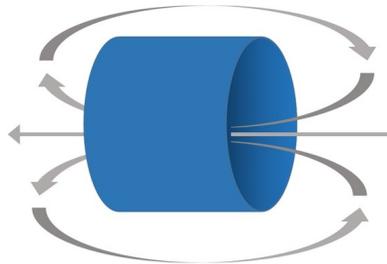
Se puede diferenciar la aplicación de campos magnéticos, a través de imanes naturales, denominados coloquialmente como **imanterapia**, de los producidos mediante corriente eléctrica, denominados **campos electromagnéticos**, ya que en estos últimos podemos controlar la dirección de los campos magnéticos, la frecuencia y la intensidad de los mismos.

Los campos magnéticos estáticos, son imanes de pequeño tamaño y de gran potencia, y se emplean en diferentes patologías, pero no tienen la suficiente evidencia científica que avale este tratamiento.



Los campos electromagnéticos aplicados a la medicina tienen la capacidad de modular los impulsos y amplificar el campo magnético con los consecuentes efectos terapéuticos.

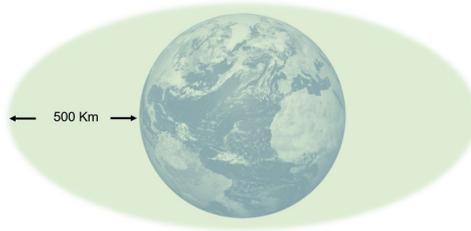
Estos campos son de baja frecuencia y hasta 200 Gauss (20 mili Tesla) de intensidad, incluso en la actualidad se encuentran equipos que llegan a generar 400 Gauss (40 mT).



18.1. Historia

En 1600, el médico inglés William Gilbert, en su obra *De Magnete*, considera la tierra como un enorme imán, lo que explicaba la orientación de la aguja magnética de la brújula en el sentido de los meridianos. Este campo magnético terrestre tiene como función la de proteger a la tierra de las distintas radiaciones de origen solar, y se denomina magnetósfera, y además cumple la tarea de un escudo protector de las de las partículas radiactivas. Su forma es ovalada, ancha en el ecuador (de mayor contacto con la radiación solar) y plana en los polos.

Esta forma de la magnetósfera es la que explica la formación de la aurora boreal en los polos, como resultado del ingreso de las partículas solares chocando con las moléculas de oxígeno y nitrógeno. El campo magnético terrestre actualmente es de intensidad constante de unos 0,4 a 0,5 Gauss.



La utilización de la imanoterapia es discontinua pero, en el siglo XVIII, Mesmer la fundamenta y aplica con gran éxito, antes de establecer la teoría de “magnetismo animal”.

En el siglo XIX, el estudio de las corrientes alternas conduce al descubrimiento de la producción, a partir de ellas, del campo electromagnético. Los trabajos de Faraday, Maxwell y Gauss establecen las bases teóricas de sus aplicaciones prácticas, industriales y médicas.

A principios del siglo XX, Barnothy, en Estados Unidos, se destaca por su interés en el efecto de los campos magnéticos sobre el organismo humano e inicia una serie de recopilaciones de trabajos sobre el efecto biológico de estos campos.

La NASA tiene un interés especial en el tema, porque observó en los astronautas que al regresar del espacio presentaban una reducción marcada de la presencia de calcio en hueso, por lo que propicia numerosas investigaciones relacionados a los campos magnéticos y sus efectos biológicos.

Los seres vivos estamos acostumbrados al campo magnético terrestre, y en

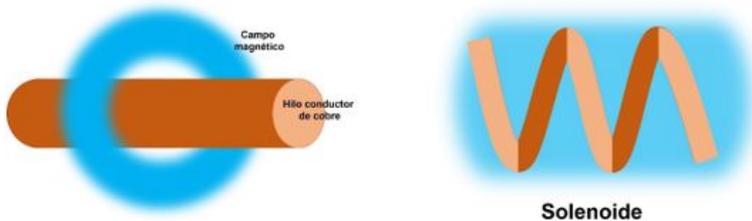
ausencia del mismo, el organismo experimenta alteraciones fisiológicas, tales como el metabolismo del calcio en el organismo, generando como resultado la osteoporosis.

Y en distintos países, en especial en Alemania e Italia, destaca el interés por la aplicación terapéutica de la magnetoterapia.

18.2. Biofísica

Cuando la corriente eléctrica atraviesa un hilo conductor, éste genera un campo magnético alrededor del mismo y cuando se lo envuelve de forma tal que genera un espiral da, como resultado, lo que se denomina solenoide.

En su interior se habrá formado un campo magnético orientado paralelamente al eje del espiral que originalmente lo formó.



La fórmula para determinar la intensidad de un campo magnético es:

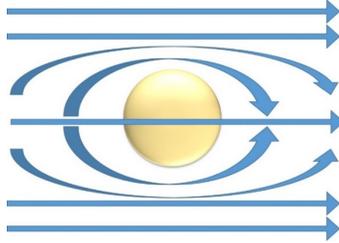
$$H = \frac{n \times I}{L}$$

En esta fórmula debemos identificar a:

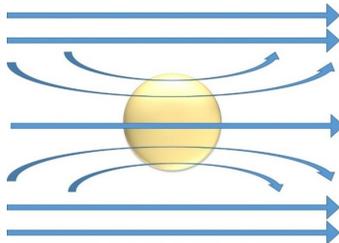
- la **H** como la intensidad del campo magnético,
- la **n** el número de espiras que tiene el solenoide,
- la **I** la intensidad del campo eléctrico y
- **L** la longitud del solenoide.

Ante la presencia de los campos magnéticos, los diferentes materiales reaccionan de manera distinta, lo cual llevó a clasificarlos según esta reacción en:

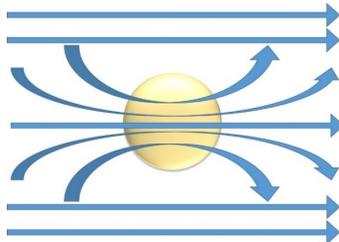
Diamagnéticos: que son repelidos por los campos magnéticos (tienen permeabilidad magnética negativa), como el bismuto, el cobre, el antimonio.



Paramagnéticos: que son atraídos por los campos magnéticos con una intensidad de magnitud semejante a la intensidad de dicho campo (permeabilidad magnética igual a 1). El aluminio, el platino o titanio, por ejemplo, al reaccionar de forma débil ante la presencia de los campos magnéticos, son el claro ejemplo de materiales paramagnéticos.



Ferromagnéticos: que son atraídos con gran intensidad por los campos magnéticos. La más importante es el hierro y, en menor proporción, el níquel y el cobalto.



18.3. Intensidad del campo magnético

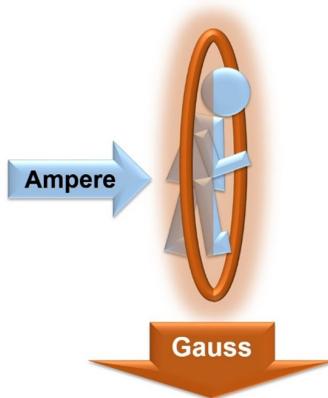
El campo electromagnético somete sus características a merced de la corriente que la genera. Esto quiere decir que si la corriente es del tipo continua, el campo magnético será continuo, o sea que su polo norte y su polo sur serán constantes. Pero si la corriente que genera el campo magnético es alterna, el campo variará al ritmo de la frecuencia. Por ejemplo, si la corriente es alterna a una frecuencia de 50 Hz, el polo sur y el polo norte variarán a esa frecuencia, convirtiéndolos en un campo electromagnético pulsante. Más adelante se aclarará el porqué.

Es importante saber que el organismo humano, en su conjunto, se comporta ante los campos magnéticos como paramagnético, es decir, que su inducción magnética es prácticamente igual, numéricamente, a la intensidad del campo magnético.

No obstante, en el organismo humano hay ciertas localizaciones de comportamiento diamagnético (membranas celulares), y otras de comportamiento ferromagnético (hemoglobina). Analizando, veremos que allí ocurren los principales efectos biológicos provocados por los campos electromagnéticos.

La intensidad de los campos electromagnéticos que se utilizan en la actualidad, con fines terapéuticos, es de 200 Gauss o 20 mT. Esta intensidad le da la característica de convertirse en un campo de mucha potencia.

Si recordamos que el campo magnético es de 0,4 a 0,5 Gauss. Esta intensidad lograda en los equipos no depende de las dimensiones de los aplicadores, sino de las cualidades, las cuales son detalladas por el fabricante.



Un Gauss es equivalente a un campo magnético que se genera cuando pasa un

ampere de corriente por un conductor con forma de aro de dos centímetros de diámetro

18.4. Características generales de los equipos generadores de campos electromagnéticos con fines terapéuticos

Accesorios o aplicadores. Existen en el mercado diversos accesorios. Probablemente con los que estemos más relacionados son los denominados campos envolventes. Estos campos envolventes, son tubos, dentro del cual se encuentra una bobina de hilo de cobre, con núcleo de aire. Estas características estructurales los hacen prácticos para tratar afecciones de los miembros.

También encontramos los denominados **campos dispersos**, con fines puntuales. Estos tienen la característica de tener la forma de un plato o un cuadrado, dentro de él se encuentra la bobina de cobre, con un núcleo de hierro. En los equipos más nuevos, en una de sus caras presenta un “orientador” de los campos magnéticos, ya que tiene el fin de redireccionar a los mismos hacia un lado específico de la cara del campo.

La intensidad de trabajo de los solenoides no depende de las dimensiones, sino de cualidades particulares que presentan y son descriptos por los fabricantes.

Ondas. Las corrientes que se utilizan para generar el campo magnético, pueden tener formas de ondas diferentes:

- Onda sinusoidal continua de 50 Hz de frecuencia
- Trenes de onda sinusoidales
- Semiondas o doble semiondas de 50 Hz
- Trenes de ondas cuadradas
- Impulsos trapezoidales mono – bidireccionales
- Impulsos trapezoidales mono – bidireccionales, pero con salida rápida y frecuencia elevada, hasta 10.000 Hz.
- Impulsos de forma triangular y frecuencia variable

Las ondas sinusoidales, al ser utilizadas en la red eléctrica, son las más comunes en los equipos que se usan actualmente.

Frecuencia. Al igual que la forma sinusoidal de la onda, la frecuencia más utilizada es de 50 Hz, ya que es la frecuencia que se encuentra en la red eléctrica alterna,

demostrado además su alta eficacia en la resolución de lesiones en el tejido óseo. La otra modalidad es de frecuencia variable entre 1 Hz y 100 Hz. Existe una regla general, que dice que las frecuencias superiores a 50 Hz tienen mejor resultado en patologías traumáticas y estimulantes; y las frecuencias por debajo de los 50 Hz son empleadas para problemas del sistema nervioso central, renales y respiratorias crónicas (Woldanska-Okonska y Czernicki, 2007).



18.5. Efectos biológicos

Bioquímico

- Desviación de las partículas con carga eléctrica en movimiento.
- Producción de corrientes inducidas, intra y extracelulares.
- Efecto piezoeléctrico sobre hueso y colágeno.
- Aumento de la solubilidad de distintas sustancias en agua.
- Influencia en la actividad enzimática.
- Aumento de la efectividad de la cadena respiratoria.

Celular

- Estímulo general del metabolismo celular.
- Normalización del potencial de membrana alterado

Órganos y sistemas

- Efecto de relajación muscular sobre la fibra lisa y la estriada, que se considera debido a la disminución del tono simpático.

- Vasodilatación. Por el mismo mecanismo de relajación muscular, en este caso sobre la capa muscular lisa periarterial, la magnetoterapia produce una importante vasodilatación, demostrable por termografía, con 2 consecuencias: por una parte, la hiperemia de la zona tratada y, por otra, cuando se tratan partes amplias del organismo, una hipotensión más o menos importante.

La hiperemia local tiene los siguientes efectos:

- Efecto trofico, por mayor aporte de nutrientes a la zona.
- Efecto antiinflamatorio, por mayor aporte de elementos de defensa bioquímicos.
- Efectos de regulación circulatoria, tanto por producir vasodilatación arterial (en angioespasmos, Raynaud, etc). como por estimular el retorno venoso.

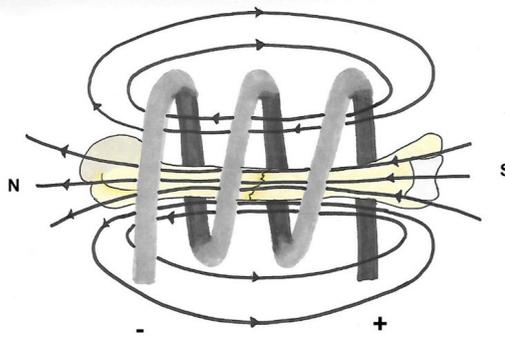
Los campos electromagnéticos de baja frecuencia tienen acción sobre todo el organismo, a nivel celular, molecular y líquido intersticial.

Las estructuras del cuerpo humano se comportan, ante la presencia de los campos magnéticos, como estructuras diamagnéticas y paramagnéticas, por ejemplo, la membrana celular tiene características paramagnéticas, pero los materiales lipoprotéicos lo hacen como diamagnéticos.

Las sustancias ferromagnéticas en el cuerpo humano, aunque en número reducido, presentan una importante función en las reacciones biológicas y fisiológicas fundamentales.

18.6. Efecto piezoeléctrico en tejido óseo

Entre las propiedades de los huesos, tal como el de remodelado y la adaptación a las características de sus formas funcionales, son considerados como un sistema de control biológico generadores de señales bioeléctricas. Con el descubrimiento de la propiedad de piezoelectricidad que poseen los huesos, se ha concluido que el esfuerzo induce polarización, lo que podría usarse como señal de control de remodelado y una deformación elástica induce a una polarización adicional asumiendo así que la polarización lineal depende del esfuerzo (efecto piezoeléctrico directo).

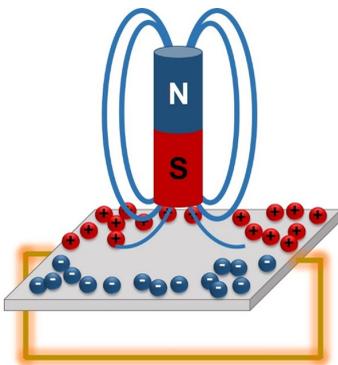


Es así, entonces que se considera que el hueso dirige su forma y estructura a base de descargas eléctricas que crean un ambiente de electronegatividad (-) o electro positividad (+) cuando se deforma, de tal manera que en la concavidad aparecen las negativas (-) y en la convexidad las positivas (+). Se afirma que en las zonas de electronegatividad tiende a proliferar la regeneración ósea, en tanto que en las de convexidad desaparece el tejido óseo.

Se le atribuye al magnetismo un efecto de regeneración ósea cuando se consigue suficiente electronegatividad en las proximidades de una zona afectada por retardo de consolidación ósea. Basándose en el efecto Hall, se aplicarían dos bobinas polarizadas en forma tal que el polo (N) logre la electronegatividad suficiente para acelerar el crecimiento del callo.

18.7. Efecto Hall

Si una corriente eléctrica fluye a través de un conductor situado en un campo magnético, este campo ejerce una fuerza transversal sobre los portadores de cargas móviles, que tiende a empujarlas hacia un lado del conductor. Este efecto es el que rige para la movilización de partículas cargadas eléctricamente, como por ejemplo en lo que respecta a la célula y al potencial de membrana.



18.8. Técnicas de aplicación

Equipos generadores

- Generador de corriente aplicada a las bobinas o solenoides
- Camilla con un solenoide grande, diseñada de tal forma que permita el deslizamiento a distintos niveles y barridos del solenoide
- Equipos generadores de ondas alternas producen agitación iónica y reactivación metabólica. Se utilizan mayormente en procesos de tipo reumáticos crónicos, contracturas musculares, aumento de oxígeno en la zona, etc.
- Equipos generadores de campos continuos con polaridad magnética se utilizarían para efectos antiinflamatorios o reactivadores locales del trofismo en procesos crónicos (norte: procesos agudos; sur: procesos crónicos).
- Equipos generadores de ondas pulsantes sin alternancia en su polaridad (mantiene la misma polaridad del mismo lado de la bobina). Más utilizados, por su efecto regenerador de calcio, para los retardos de consolidación.

El norte consigue electronegatividad y recalcificación ósea. El sur provoca electro positividad y destrucción ósea.

Para aplicar el tratamiento, basta localizar la zona que hay que tratar en el interior del cilindro (solenoides) y aplicar la frecuencia y la intensidad prescritas, durante el tiempo indicado (generalmente, de 15 a 30 min en aplicaciones localizadas y de 30 a 60 min cuando se realiza sobre más de una zona o en aplicaciones generalizadas).

Las sesiones suelen ser diarias y su número es muy variable: pocas sesiones para los procesos agudos y subagudos, y hasta 20 sesiones o más para los procesos crónicos

(artrosis, osteoporosis).



18.9. Indicaciones y contraindicaciones

INDICACIONES

- Estímulo del metabolismo del calcio en el hueso y sobre el colágeno. Ya se han indicado sus fundamentos cuando se describió en el efecto piezoeléctrico.
- Efecto trófico sobre células, tejidos y órganos basados en la actuación intracelular de los campos magnéticos (corrientes de inducción); en el mayor aporte trófico producido por la vasodilatación, y en el aumento de la presión parcial de oxígeno sobre tejidos y órganos.
- Efecto antiinflamatorio: tanto por la producción de hiperemia, como por el estímulo en la liberación de sustancias antiinflamatorias (prostaglandinas). Por ello se emplea en inflamaciones subagudas y crónicas, y, con precaución (frecuencias e intensidades bajas), en las agudas.
- Efecto analgésico: no es inmediato, pero es duradero; deriva tanto de la actuación de los campos magnéticos sobre las terminaciones nerviosas, como de la reducción de las condiciones que provocan el dolor (inflamación).
- Descontracturante: por su efecto relajante sobre la fibra estriada.
- Antiespasmódico: por su efecto directo sobre la fibra lisa.

- Hipotensor: por su efecto de relajación vascular, cuando actúa sobre zonas amplias.
- Sedación general: tanto por aumento en la producción de endorfinas, como por su efecto hipotensor y de relajación muscular.

CONTRAINDICACIONES

- No aplicar en mujeres embarazadas
- No aplicar en el trayecto cardiaco de pacientes con cardiopatías
- No aplicar en pacientes con marcapasos
- Evitar en lo posible el sistema nervioso central
- No aplicar en procesos cancerígenos, aunque en la actualidad, la evidencia científica se encuentra estudiando la posibilidad de que los campos electromagnéticos pulsátiles en realidad sean coadyuvantes en diferentes terapias oncológicas y una restricción para su aplicación.
- Hemorragias o heridas hemorrágicas, por la posibilidad de agravamiento de la hemorragia. Advertencia a la mujer con la menstruación en aplicaciones abdominales
- Anemia severa. En este caso el organismo, no se encuentra en condiciones de responder a la demanda de oxígeno que se presentará inmediatamente después de la aplicación.
- Enfermedades virales, micosis, que se encuentren en peligro de diseminación.

18.10. ¿Qué dicen los artículos científicos?

Los campos electromagnéticos, quizás fueron los más estudiados en los últimos años, debido a todos los efectos biológicos que presenta. Plantear, apenas algunos estudios que se llevaron adelante no implica que está todo solucionado; al contrario, estos artículos científicos estimulan a continuarlos.

El autor del artículo “Daily Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) therapy inhibits tumor angiogenesis via the hypoxia driven pathway: therapeutic implications”, **Ivan L. Cameron**, manifiesta que el PEMF (Pulsed Electromagnetic Field) aplicado por diez minutos diarios inhibe la angiogénesis y el crecimiento tumoral contrarrestando la hipoxia (Williams et al. '01 y Cameron et al. al. '05).

Se descubrió que la aplicación de los PEMF, en forma diaria, puede retardar la angiogénesis y el crecimiento de una xenógrafa (célula cancerígena implantada a un modelo animal) de cáncer de mama humano. Provocando que el tumor desarrolle áreas proporcionalmente más grandes de necrosis y áreas más pequeñas de células cancerosas proliferativamente activas.

También se demostró que la terapia diaria con PEMF continuó inhibiendo la angiogénesis tumoral y el recrecimiento del tumor durante dos semanas después de un ciclo estándar de terapia con radiación ionizante (IR) (Cameron et al. '04); sin embargo, esta terapia con PEMF hace que áreas más grandes del tumor sean hipóxicas, por lo tanto, se espera que disminuya la susceptibilidad al daño oxidativo causado por tratamientos adicionales de IR o por quimioterapia oxidativa dependiente. Esto lleva a la conclusión de que el PEMF es una terapia complementaria eficaz después de la terapia con IR, pero que la terapia diaria continua con PEMF debe suspenderse en algún momento (quizás 2-4 días) antes de una segunda ronda de terapia con IR. El cese temporal de PEMF antes de la segunda ronda de IR es necesario para la reanudación de la angiogénesis, la disminución de las áreas hipóxicas y el aumento de áreas proliferativas activas y bien oxigenadas dentro del tumor.

Serap Tomruk Sutbeyaz y colaboradores, en su estudio clínico aleatorizado, doble ciego y controlado de forma simulada que lleva por título “Low-frequency Pulsed Electromagnetic Field Therapy in Fibromyalgia”, se utilizaron campos envolventes de 40 mT cuya frecuencia oscilaba entre 0,1 a 64 Hz, durante 30 minutos, dos veces al día tres veces por semana. El grupo control tenía las mismas características de aplicación, solo que los campos electromagnéticos no estaban presentes, esto quiere decir que se realizaba idéntico procedimiento pero sin emisión, por supuesto que los participantes no tenían conocimiento de a quien se le estaba aplicando los PEMF.

Los puntajes FIQ (Fibromyalgia Impact Questionnaire) en el grupo PEMF mostraron significantes mejoras al final de la terapia (cuarta semana) en comparación con la línea de base.

El grupo PEMF tuvo una significativa puntuación FIQ más baja que el grupo simulado al final de la terapia. También se observó una diferencia significativa entre los grupos durante el seguimiento.

Los expuestos a la terapia con PEMF mostraron significativa mejoría en las puntuaciones de dolor de la EVA (Escala Visual Analógica) al final de la terapia. Donde 13 pacientes alcanzaron el 30% mejora, mientras que 8 pacientes lograron una mejora del 50% en la puntuación EVA después del tratamiento.

En el grupo control (sin PEMF), 3 pacientes lograron una mejora del 30 % en los puntajes EVA después del tratamiento.

En conclusión, la terapia PEMF puede mejorar la función, disminuir el dolor, la fatiga y estado global en pacientes con FM y puede ofrecer un potencial adjunto terapéutico a las terapias actuales de FM en el futuro.

18.11. Bibliografía

Albornoz Cabello M.; Maya Martín J.; Toledo Marhueda J.V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. España: Elsevier.

Boopalan P.R.J.V.C.; Chittaranjan S. B.; Ramadass B.; Nandakumar N.S.; Sabareeswaran A.; Mohanty M. (2017) Pulsed electromagnetic field (PEMF) treatment for fracture healing”. Current Orthopaedic Practise. 20(4), 423-428. DOI:10.1097/bco.0b013e318198e8b2

Cameron M. H. (2014) Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. España: Elsevier 4º Ed.

Capote Cabrera A.; López Pérez Y. M.; Bravo Acosta T. (2009) Agentes físicos. Cuba: Ecimed.

Cordero J.E. (2008) Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Ecimed

Plaja J. (1998). Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Carin

Rodríguez Martín J.M. (2004) Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires: Editorial Panamericana 2º Edición

Sutbeyaz S. T.; Sezer N.; Koseoglu F. & Kibar S. (2009) Low-frequency Pulsed Electromagnetic Field Therapy in Fibromyalgia. Clinical Journal of Pain. 25:722–728. DOI:10.1097/ajp.0b013e3181a68a6c

https://cancerres.aacrjournals.org/content/65/9_Supplement/287.3 Daily Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) therapy inhibits tumor angiogenesis via the hypoxia driven pathway: therapeutic implications. Cameron I. L.; Sun L. Z.; Short N.; Hardman W. E. & Williams C. D. American Association for Cancer Research. 23 de enero 2022

Regresar al Sumario



EDICIONES UCSE

Campus Santiago

Av. Alsina y Vélez Sarsfield, (4200) Santiago del Estero.

☎ +54 (0385) 421 1777

Campus Jujuy

Lavalle 333, (4600) San Salvador de Jujuy.

☎ +54 (0388) 423 6139

Campus Buenos Aires

Rivadavia 573, (1642) San Isidro – Buenos Aires.

☎ +54 (011) 4743 2608

Campus Rafaela

Bv. Hipólito Yrigoyen 1502, (2300) Rafaela – Santa Fe.

☎ +54 (03492) 432 832