



# ELECTROTERAPIA, VIBROTERAPIA Y FOTOTERAPIA: APLICACIONES CLÍNICAS Y CASOS PRÁCTICOS

AUTORES

ROCÍO MARTÍN VALERO

PEDRO GONZÁLEZ ROJAS

MIGUEL ÁNGEL INFANTES ROSALES



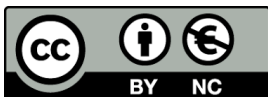
© UMA Editorial. Universidad de Málaga  
Bulevar Louis Pasteur, 30 (Campus de Teatinos) - 29071  
Málaga [www.umaeditorial.uma.es](http://www.umaeditorial.uma.es)

© Los autores

Diseño y maquetación: Los autores

ISBN: 978-84-1335-480-4

Publicado en abril de 2026



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:  
Reconocimiento - No comercial - (cc-by-nc):  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>  
Esta licencia permite a los reutilizadores distribuir,  
remezclar, adaptar y desarrollar el material en cualquier  
medio o formato únicamente con fines no comerciales y  
siempre que se otorgue la atribución al creador.

*A mi familia, por ser mi fuerza e ilusión para seguir alcanzando nuevos proyectos.*

*A nuestros alumnos, razón de ser de esta obra y motor de nuestra labor docente; que este manual sea la chispa que impulse su curiosidad y rigor clínico. Y a nuestros docentes, por su incansable vocación de transmitir no solo conocimientos, sino la ética y el arte de curar a través de la ciencia.*

# ÍNDICE

Prólogo .....	15
Bloque Temático I: Conceptos generales .....	16
Tema 1: Introducción a la electroterapia .....	16
Concepto de electro-termo-hidroterapia.....	16
Evolución histórica.....	17
Perspectiva actual.....	18
Fundamentos electrofísicos .....	18
Parámetros fundamentales de la energía eléctrica.....	19
Clasificación de las corrientes utilizadas en electroterapia.....	20
Metodología general de aplicación .....	23
Normas de seguridad de electroterapia.....	26
Bloque temático II: Electroterapia.....	27
Tema 2: Electroterapia con corriente galvánica .....	27
Características .....	27
Efectos del galvanismo .....	28
Galvanización.....	30
Iontoforesis.....	33
Casos clínicos.....	35
Tema 3: Punción seca y electrolisis percutánea invasiva .....	36
Introducción .....	36
Punción seca.....	36
Electrolisis percutánea invasiva.....	40
Tema 4: Neuromodulación .....	46
Concepto .....	46
Metodología de aplicación .....	47
Indicaciones.....	48

Contraindicaciones.....	48
Casos clínicos.....	48
Tema 5: Estimulación eléctrica transcraneal.....	49
Concepto.....	49
Fisiología.....	49
Metodología de aplicación.....	52
Indicaciones.....	53
Contraindicaciones y precauciones.....	53
Tema 6: Electroterapia con corrientes de baja frecuencia.....	55
Características generales.....	55
TENS y EMS.....	55
Fundamentos neurofisiológicos.....	56
Acciones terapéuticas.....	57
Clasificación.....	58
Corrientes utilizadas con fines analgésicos.....	58
Corrientes para la estimulación neuromuscular.....	66
Tema 7: Electroterapia con corrientes de media frecuencia.....	82
Características.....	82
Clasificación.....	84
Metodología de aplicación.....	86
Indicaciones.....	88
Contraindicaciones.....	88
Tema 8: Electroterapia con corrientes de alta frecuencia.....	89
Características.....	89
Efectos fisiológicos.....	90
Clasificación.....	91
Metodología de aplicación.....	91

Indicaciones.....	92
Contraindicaciones.....	92
Bloque temático III: Vibroterapia .....	94
Tema 9: Terapia ultrasónica.....	94
Características .....	94
Efectos fisiológicos .....	96
Metodología de aplicación .....	97
Indicaciones.....	99
Contraindicaciones.....	99
Caso clínico.....	99
Ecografía.....	100
Tema 10: Ondas de choque terapéuticas .....	104
Características .....	104
Ondas de choque focales .....	105
Ondas de choque radiales.....	106
Efectos fisiológicos .....	106
Metodología de aplicación .....	107
Indicaciones.....	108
Contraindicaciones.....	108
Casos clínicos.....	109
Bloque temático IV: Fototerapia .....	110
Tema 11: Fototerapia .....	110
Introducción .....	110
Fundamentos físicos.....	111
Radiación ultravioleta.....	111
Radiación infrarroja.....	115
Caso clínico.....	118

Tema 12: Laserterapia .....	119
Características .....	119
Clasificación .....	119
Efectos terapéuticos .....	120
Metodología de aplicación .....	122
Indicaciones.....	123
Contraindicaciones.....	124
Bloque temático V: Magnetoterapia .....	125
Tema 13: Magnetoterapia .....	125
Características .....	125
Efectos terapéuticos .....	127
Metodología de aplicación .....	128
Indicaciones.....	130
Contraindicaciones y precauciones .....	130
Casos clínicos.....	131
Bloque Temático VI: Miscelánea .....	133
Tema 14: Tecarterapia .....	133
Características .....	133
Efectos terapéuticos .....	134
Metodología de aplicación .....	135
Indicaciones.....	136
Contraindicaciones.....	136
Casos clínicos.....	137
Tema 16: Biofeedback .....	138
Concepto .....	138
Miofeedback.....	138
Indicaciones.....	140

Contraindicaciones .....	140
Caso clínico .....	141
Anexo 1: Contraindicaciones .....	142
Anexo 2: Solución de problemas de dosificación de US.....	145
Referencias bibliográficas.....	147

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Gráfica de corriente eléctrica Intensidad-Tiempo .....	20
Ilustración 2. Gráfica de corriente alterna.....	21
Ilustración 3. Parámetros de corriente alterna .....	21
Ilustración 4. Formas de pulso .....	22
Ilustración 5. Corrientes unidireccionales .....	23
Ilustración 6. Corrientes bidireccionales .....	23
Ilustración 7. Aplicación monopolar.....	24
Ilustración 8. Aplicación bipolar .....	25
Ilustración 9. Fases de la corriente galvánica .....	27
Ilustración 10. Efectos bajo el ánodo y cátodo.....	29
Ilustración 11. Aplicación longitudinal. Galvanismo descendente.....	30
Ilustración 12. Aplicación transversal.....	31
Ilustración 13. Galvanismo ascendente.....	31
Ilustración 14. Esquema de la disposición iónica según el soluto.....	32
Ilustración 15. Aplicación de EPI .....	40
Ilustración 16. Dermatomas. Azul: Dermatomas cervicales. Verde: Dermatomas torácicos. Morado: Dermatomas lumbares. Rojo: Dermatomas sacros.....	47
Ilustración 17. Respuesta de canales AMPA, NMDA y canales de calcio en presencia de glutamato.....	51
Ilustración 18. Respuesta de canales AMPA, NMDA y canales de calcio al despolarizarse la membrana .....	51
Ilustración 19. Respuesta de canales AMPA, NMDA y canales de calcio al despolarizarse la membrana y en presencia de glutamato.....	52
Ilustración 20. Cascos de tDCS y equipo generador de corriente EPTE® .....	53
Ilustración 21. Esquema de la transmisión del dolor .....	57
Ilustración 22. Gráfica de corriente de Träbert .....	58
Ilustración 23. Gráfica de corriente monofásica fija.....	60
Ilustración 24. Gráfica de corriente difásica fija .....	60
Ilustración 25. Gráfica de corriente de cortos periodos.....	61
Ilustración 26. Gráfica de corriente de largos periodos .....	61
Ilustración 27. Gráfica de corriente de ritmo sincopado.....	62
Ilustración 28. Tipos de lesión nerviosa .....	67

Ilustración 29. Respuesta del potencial de membrana antes pulsos cuadrangulares, triangulares de subida rápida y triangulares de subida progresiva (fibra sana).....	68
Ilustración 30. Fenómeno de acomodación (fibra sana).....	68
Ilustración 31. Cálculo del tiempo de cronaxia .....	70
Ilustración 32. 1) Reobase 2) Punto útil muscular 3) Umbral de faradización 4) Punto útil nervioso 5) Tiempo de cronaxia.....	71
Ilustración 33. Tipos de ramas de acomodación anódica .....	72
Ilustración 34. Zona triangular de respuesta y cálculo del índice de acomodación .....	73
Ilustración 35. Triángulo de utilidad terapéutica.....	74
Ilustración 36. Gráfica esquemática de corrientes que provocan respuesta motora .....	76
Ilustración 37. Cálculo de los hercios de una corriente farádica, conociendo la duración del pulso y de la pausa.....	76
Ilustración 38. Trayectoria de la respuesta muscular y nerviosa.....	77
Ilustración 39. Gráfica de trenes de alto voltaje.....	78
Ilustración 40. Curva I/T y A/T de una fibra denervada .....	78
Ilustración 41. Corrientes de media frecuencia de modulación triangular y rectangular.....	82
Ilustración 42. I) Modulación en AM II) Modulación en AMF III) Modulación en trenes .....	83
Ilustración 43. Combinación de dos corrientes portadoras, F1 y F2, para formar corriente interferencial .....	85
Ilustración 44. Gráfica de corriente de Kotz y vista ampliada en uno de los pulsos, donde se aprecia su composición por pulsos senoidales de mayor frecuencia.....	86
Ilustración 45. Aplicación bipolar y tetrapolar .....	87
Ilustración 46. Diferencia de modulación según zonas en aplicación tetrapolar .....	87
Ilustración 47. Electrodo de goma conductora.....	88
Ilustración 48. Fenómeno de reflexión y refracción.....	94
Ilustración 49. Zona de convergencia, nodo de convergencia y zona de divergencia .....	96
Ilustración 50. Fórmula para calcular el tiempo de aplicación.....	97
Ilustración 51. Calcificación en el tendón de Aquiles.....	100

Ilustración 52. Ecografía de tendón rotuliano. Morado: Hueso. Naranja: Tendón. Amarillo: Grasa de Hoffa .....	101
Ilustración 53. Sombra acústica bajo la cortical ósea.....	102
Ilustración 54. Refuerzo acústico posterior bajo zona anecoica .....	103
Ilustración 55. Gráfica de onda de choque focal.....	105
Ilustración 56. Gráfica de onda de choque radial.....	106
Ilustración 57. Espectro electromagnético.....	110
Ilustración 58. Espectro ultravioleta.....	112
Ilustración 59. Espectro infrarrojo.....	116
Ilustración 60. Gráfica de absorción según la longitud de onda .....	121
Ilustración 61. Aplicación mediante sistema diodo y sistema de cañón, respectivamente.....	123
Ilustración 62. Gráfica de campos magnéticos y su componente eléctrico.....	125
Ilustración 63. Gráfica de campo magnético de emisión continua ..	126
Ilustración 64. Gráfica de campos magnéticos de emisión alterna..	127
Ilustración 65. Gráfica de campos magnéticos de emisión pulsada.	127
Ilustración 66. Emisión de campos magnéticos mediante bobina ...	129
Ilustración 67. Emisión de campos magnéticos mediante solenoide .....	130
Ilustración 68. Aparato de miofeedback registrando actividad mediante electromiografía.....	139
Ilustración 69. Ejercicio 1 US .....	145
Ilustración 70. Ejercicio 2 US .....	146

## ÍNDICE DE VÍDEOS

Vídeo 1. Iontoforesis en compartimento medial de rodilla .....	35
Vídeo 2. Galvanismo descendente en dolor de espalda .....	35
Vídeo 3. Punción seca y neuromodulación en puntos gatillo miofasciales.....	39
Vídeo 4. Electrolisis percutánea en tendón rotuliano.....	43
Vídeo 5. Neuromodulación del nervio frénico.....	49
Vídeo 6. Neuromodulación del nervio tibial posterior.....	49
Vídeo 7. Corrientes de Träbert .....	59
Vídeo 8. Corrientes diadinámicas.....	62
Vídeo 9. TENS de alta frecuencia.....	64
Vídeo 10. TENS de baja frecuencia.....	64
Vídeo 11. TENS de impulsos, trenes o ráfagas .....	64
Vídeo 12. TENS breve e intenso .....	64
Vídeo 13. Búsqueda de puntos motores con electrodo puntual .....	65
Vídeo 14. Estimulación neuromuscular de baja frecuencia en cuádriceps .....	81
Vídeo 15. Corrientes interferenciales para dolor agudo .....	85
Vídeo 16. Corrientes interferenciales para dolor crónico .....	85
Vídeo 17. Corrientes de Kotz.....	86
Vídeo 18. Ultrasonido terapéutico para epicondilitis.....	99
Vídeo 19. Ondas de choque radiales para epicondilitis .....	109
Vídeo 20. Ondas de choque radiales para fascitis plantar .....	109
Vídeo 21. Infrarrojos para contracturas .....	118
Vídeo 22. Programación de láser de alta intensidad.....	123
Vídeo 23. Magnetoterapia para artrosis de rodilla .....	131
Vídeo 24. Magnetoterapia para cefalea.....	131
Vídeo 25. Magnetoterapia para epicondilitis.....	131
Vídeo 26. Magnetoterapia para fortalecimiento de cuádriceps .....	131
Vídeo 27. Magnetoterapia para fractura bimalleolar .....	132
Vídeo 28. Magnetoterapia para fractura del quinto meta .....	132
Vídeo 29. Magnetoterapia para puntos gatillo miofasciales.....	132
Vídeo 30. Tecarterapia capacitiva para epicondilitis .....	137
Vídeo 31. Tecarterapia capacitiva para estrías (fisioestética) .....	137
Vídeo 32. Tecarterapia capacitiva para síndrome de dolor miofascial .....	137

Vídeo 33. Tecarterapia resistiva para dolor de muñeca .....	137
Vídeo 34. Tecarterapia resistiva para dolor de rodilla.....	137
Vídeo 35. Biofeedback en musculatura supra e infrahioidea.....	141

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de aplicación de TENS.....	63
Tabla 2. Cronaxia según región anatómica.....	66
Tabla 3. Comparativa entre corrientes farádicas y de alto voltaje .....	75
Tabla 4. Tiempo de reposo y duración del pulso en función del tipo de fibra .....	80
Tabla 5. Efectos de la estimulación neuromuscular de baja frecuencia según los hercios.....	81
Tabla 6. Dosis mínima eritematosa según tipo de piel para NB UVB114	
Tabla 7. Dosis para UVA1.....	114
Tabla 8. Intensidad de la dosis según calor percibido .....	135
Tabla 9. Contraindicaciones 1/2 .....	143
Tabla 10. Contraindicaciones 2/2 .....	144

# PRÓLOGO

Este manual nace como una herramienta esencial para el estudiante y el profesional de la fisioterapia, diseñada no solo como un compendio técnico, sino como una guía práctica para la toma de decisiones terapéuticas. A través de un enfoque centrado en el razonamiento clínico, la obra busca que el lector comprenda la base fisiológica de cada agente físico para aplicarlo con precisión y seguridad.

La estructura de la obra se articula a través de seis bloques fundamentales que guían al lector desde la teoría básica hasta las aplicaciones más avanzadas. El recorrido comienza con un primer bloque dedicado a los conceptos generales, donde se establecen los fundamentos electrofísicos, la evolución histórica de la disciplina y las normas de seguridad imprescindibles para la práctica. A continuación, el bloque de electroterapia profundiza en el uso de corrientes galvánicas, técnicas invasivas como la punción seca y la electrolisis percutánea, además de abordar la neuromodulación y las corrientes de baja, media y alta frecuencia. El tercer bloque se centra en la vibroterapia, analizando el uso terapéutico de los ultrasonidos, la ecografía y las ondas de choque. Por su parte, el bloque de fototerapia examina las propiedades de la radiación ultravioleta e infrarroja, seguido de un quinto bloque dedicado exclusivamente a la magnetoterapia y su capacidad para generar campos magnéticos con fines curativos. Finalmente, el manual concluye con un bloque de miscelánea que explora terapias punteras como la tecarterapia y el biofeedback.

Para consolidar el aprendizaje, cada capítulo integra casos prácticos reales que desafían al lector a aplicar los conocimientos teóricos en escenarios clínicos cotidianos. Además, el manual incluye un exhaustivo anexo de contraindicaciones, garantizando que la seguridad del paciente sea siempre la prioridad absoluta en la práctica profesional.

# BLOQUE TEMÁTICO I: CONCEPTOS GENERALES

## Tema 1: Introducción a la electroterapia

### *Concepto de electro-termo-hidroterapia*

Etimológicamente, «fisioterapia», proviene de «physis» (naturaleza) y «therapeía» (curación, tratamiento). Por lo que «fisioterapia» significa curación por la naturaleza.

En 1967, la Asamblea de la Confederación Mundial de Fisioterapeutas (WCPT) define la fisioterapia como: «El arte y la ciencia del tratamiento físico, es decir, el conjunto de técnicas que, mediante la aplicación de medios físicos, curan, previenen, recuperan y readaptan a los pacientes susceptibles de recibir tratamiento físico.»

La fisioterapia, a lo largo de la historia se ha venido configurando como una disciplina terapéutica tiene por finalidad la curación mediante agentes físicos naturales. Un agente físico-terapéutico es todo aquel material o acción portadora de energía, que al interactuar con el material biológico cede toda o parte de ella, provocando una respuesta orgánica (Pavez Ulloa, 2009).

Los agentes físicos pueden clasificarse atendiendo a la historia o atendiendo a su efecto primario.

Atendiendo a la historia encontramos agentes naturales; que son fuerzas ambientales que ocurren por acción de la naturaleza, y agentes artificiales; controlados por la acción humana.

Atendiendo a su efecto primario distinguimos entre agentes ionizantes; con suficiente energía para dañar el ADN y las células, y agentes no ionizantes; con energía insuficiente para para ionizar átomos o moléculas.

El agente físico interactúa con el material biológico, provocando una respuesta primaria, bioquímica, a nivel celular. Esto desencadena una respuesta secundaria a nivel celular y orgánico, provocando efectos

locales y generales. Finalmente, si la aplicación es adecuada se conseguirá la acción terapéutica.

Son varios los agentes físicos que pueden emplearse con fines terapéuticos, como el masaje en masoterapia, el agua en hidroterapia, el sol en helioterapia, el calor en termoterapia, la luz en fototerapia o la electricidad en electroterapia (Barra Ortiz, 2019).

### ***Evolución histórica***

El descubrimiento de la electricidad tuvo lugar entre los siglos XVIII y XIX, pero el uso de la electricidad como agente analgésico se remonta a la edad antigua, cuando culturas como la griega o la egipcia empleaban el pez torpedo para aliviar el dolor de gota (Kane & Taub, 1975). Asimismo, el nacimiento de la electroterapia se debe al enorme avance que tuvo la física.

El desarrollo histórico de la electroterapia se inicia con las investigaciones pioneras de Luigi Galvani (1731-1779) y Alessandro Volta (1745-1827), quienes descubrieron que la electricidad era capaz de provocar la excitación y consecuente contracción del tejido muscular. En el año 1840, Michael Faraday descubrió el fenómeno de la inducción electromagnética, lo que permitió la introducción de las corrientes farádicas en el ámbito terapéutico. Esta línea de investigación fue continuada por Duchenne de Boulogne, quien empleó las corrientes farádicas en sus tratamientos, convirtiéndose en precursor de lo que actualmente se conoce como estimulación eléctrica nerviosa transcutánea.

A finales del siglo XIX, el desarrollo de la corriente alterna de alta frecuencia llevado a cabo por Nikola Tesla constituyó un hito significativo. Este avance tecnológico permitió que D'Arsonval pudiera aplicar estas corrientes en el ámbito terapéutico, identificando particularmente su capacidad inductiva, lo que abrió nuevas posibilidades en el campo de la electroterapia de alta frecuencia (Cucarian Hurtado et al., 2022).

Durante el siglo XX, los avances continuaron desarrollándose. En 1941, Louis Lapicque introdujo los conceptos fundamentales de reobase y

cronaxia, parámetros esenciales para la caracterización de la excitabilidad neuromuscular. Bernard propuso posteriormente la aplicación de las corrientes diadinámicas en el tratamiento fisioterapéutico. Más recientemente, José Manuel Sánchez inició la utilización de la Electrólisis Percutánea Intratisular (EPI), técnica que ha supuesto una innovación en el tratamiento de lesiones del tejido blando (Fermín & Francisco, 2013; Perez Rodriguez, 2012; Vergani, 2024).

### ***Perspectiva actual***

En la actualidad, los avances tecnológicos han facilitado la aplicación de agentes físicos. En especial, la dosificación ha sido la mayor beneficiada, pues muchos sistemas integran algoritmos para el cálculo de la dosis y el ajuste de los distintos parámetros según el paciente y el tipo de aplicación que se quiera realizar.

### ***Fundamentos electrofísicos***

A nivel atómico, la electricidad consiste en la manifestación energética proveniente de los electrones o las disoluciones de iones. Este movimiento de cargas ha sido estudiado y cuantificado por leyes físicas (Rodríguez Martín, 2014).

Uno de estos principios es la ley de Ohm, que establece que la diferencia de potencial (V) que aparece entre los extremos de un conductor determinado es proporcional a la intensidad de la corriente (I) que circula por el conductor y a la resistencia (R) que ofrece.

$$V = I \times R$$

Otra ley fundamental es la ley de Joule, que establece que el calor (C), medido en julios, que se desprende cuando una corriente eléctrica pasa por un conductor es directamente proporcional a la resistencia (R) del conductor, al tiempo (T) durante el que está circulando la corriente y al cuadrado de la intensidad (I) que lo atraviesa. La medida del calor en el Sistema Internacional es el Julio (J). También se puede utilizar como unidad de medida la Caloría. Si medimos la transferencia

de energía por unidad de tiempo emplearemos los vatios (W), es decir, los julios que se aplican por cada segundo.

$$C = I^2 \times R \times T$$

$$1 \text{ Julio} = 0,24 \text{ calorías}$$

$$C = 0,24 \times I^2 \times R \times T$$

Otra propiedad esencial es el electromagnetismo, que consiste en que siempre que un conductor lleve un flujo de electrones se formará un campo magnético a su alrededor. Este campo magnético será constante alrededor del conductor si la corriente es continua, y oscilará si la corriente es alterna (Rodríguez Martín, 2014).

### ***Parámetros fundamentales de la energía eléctrica***

Entre los principales parámetros de la energía eléctrica, encontramos la intensidad de la corriente eléctrica, la resistencia y la diferencia de potencial.

La intensidad de la corriente eléctrica es la cantidad de carga eléctrica que circula por un circuito en la unidad de tiempo. La unidad de medida de la intensidad es el Amperio.

La resistencia es la oposición de un conductor al paso de la corriente eléctrica. Su unidad es el Ohmio. Atendiendo a la esta magnitud, podemos clasificar los tejidos en las siguientes categorías:

- Los tejidos malos conductores, como la piel gruesa, huesos, grasa, uñas, pelo.
- Los tejidos semiconductores, como la piel, los cartílagos, las fascias gruesas y los tendones.
- Los tejidos conductores, como el músculo, el nervio, el tejido conjuntivo, las vísceras, la sangre y la linfa.

La diferencia de potencial, también llamada diferencia de tensión, diferencia de voltaje o fuerza electromotriz, se define como la tendencia de los electrones a desplazarse desde las zonas en las que están más concentrados a las zonas en las que menos lo están.

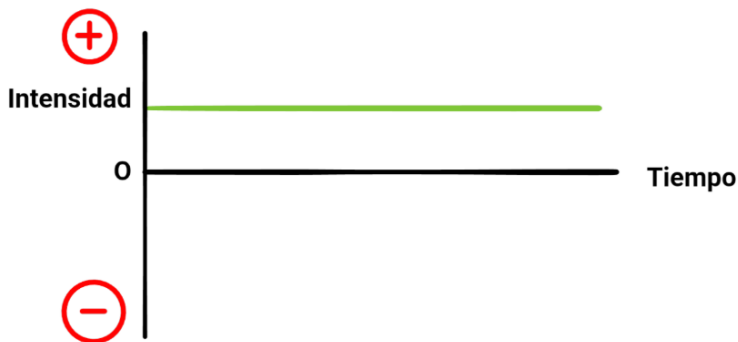
Además, suele denominarse tensión o voltaje y su unidad de medida es el voltio (Rodríguez Martín, 2014).

## ***Clasificación de las corrientes utilizadas en electroterapia***

La corriente eléctrica es un flujo de cargas eléctricas a través de un conductor en cuyos extremos existe una diferencia de potencial, voltaje o tensión. Existe una diferente cantidad de carga eléctrica en los extremos, produciéndose un desplazamiento de electrones desde el lado que más carga tiene (el polo negativo o cátodo) al extremo con menos carga (el polo positivo o ánodo). Existen dos tipos de corrientes eléctricas, las corrientes constantes o continuas y las corrientes variables o alternas.

### *Corrientes constantes o continuas*

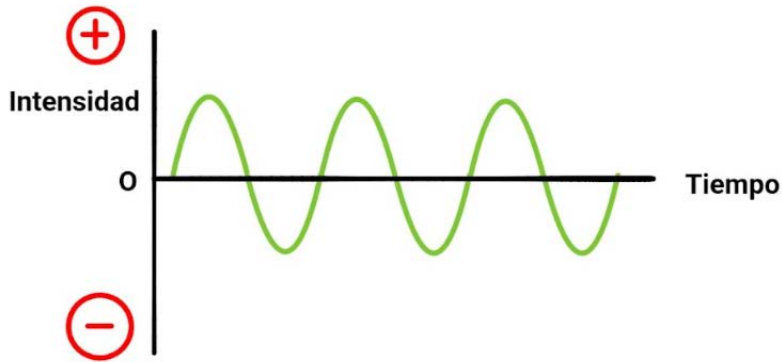
Las corrientes constantes o continuas son corrientes en las que la intensidad se mantiene constante durante todo el tiempo de emisión. Véase Ilustración 1.



*Ilustración 1. Gráfica de corriente eléctrica Intensidad-Tiempo*

### *Corrientes variables o alternas*

Las corrientes variables o alternas son aquellas en las que la intensidad varía durante el tiempo de emisión. Véase Ilustración 2.

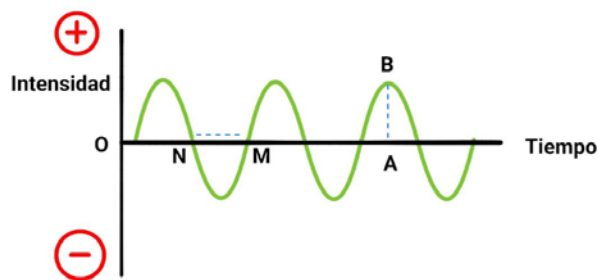


*Ilustración 2. Gráfica de corriente alterna*

En función del ritmo de variación de la intensidad, las corrientes variables pueden ser corrientes ininterrumpidas o corrientes interrumpidas; también llamadas corrientes pulsadas.

Las corrientes ininterrumpidas mantienen el flujo eléctrico sin interrupción durante todo el tiempo de emisión y en las corrientes interrumpidas el flujo eléctrico circula durante períodos breves de tiempo en forma de pulsos.

Los parámetros de la corriente alterna son el periodo, la alternancia, la frecuencia, la longitud de onda y la amplitud. Véase Ilustración 3.



*Ilustración 3. Parámetros de corriente alterna*

El periodo, que es el tiempo que tarda en pasar la corriente del punto O al M.

La alternancia, que es el tiempo que tarda en pasar la corriente del punto O al N.

La frecuencia, que es el número de cambios de polaridad en la unidad de tiempo.

La longitud de onda, que es la distancia lineal de O a M.

La amplitud, que es la distancia lineal de A a B.

La frecuencia y el periodo son magnitudes inversas. Por ello, a mayor frecuencia, mayor número de ciclos u oscilaciones por segundo, de modo que cada oscilación durará menor tiempo.

### Corrientes pulsadas

En función de la frecuencia, las corrientes pulsadas se clasifican en corrientes de baja, media y alta frecuencia.

Las corrientes de baja frecuencia tienen entre 1 y 1000 hercios, las corrientes de media frecuencia oscilan entre 1000 y 500 000 hercios y las corrientes de alta frecuencia tienen más de 500 000 hercios.

En función de la forma de la onda o pulso, las corrientes pulsadas pueden ser rectangulares o cuadrangulares, triangulares, exponenciales o sinusoidales (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 4.

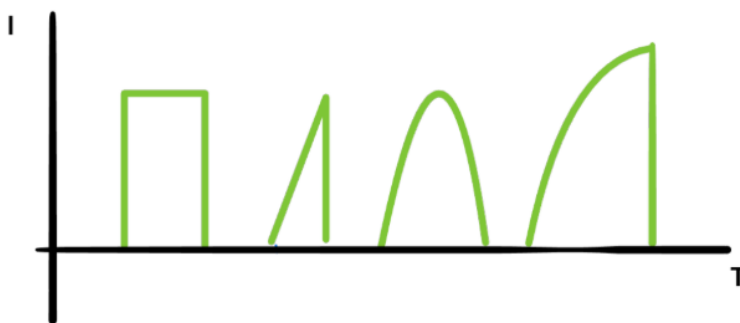


Ilustración 4. Formas de pulso

En función de la polaridad, las corrientes pulsadas pueden ser unidireccionales o bidireccionales. Véase Ilustración 5 e Ilustración 6.

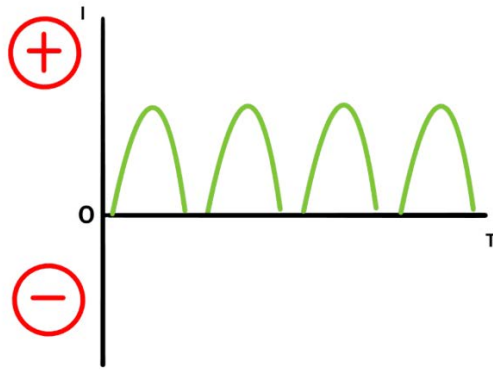


Ilustración 5. Corrientes unidireccionales

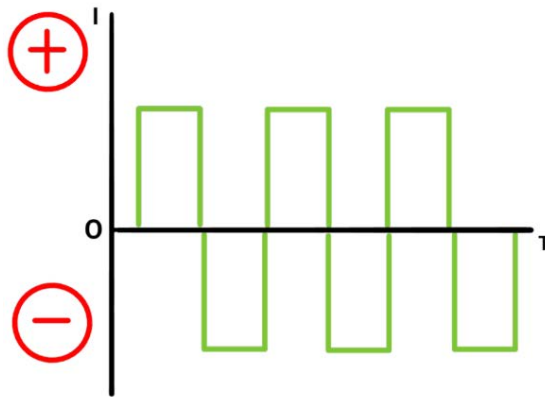


Ilustración 6. Corrientes bidireccionales

Estas corrientes pulsadas pueden ser moduladas en amplitud, en anchura y en frecuencia.

### ***Metodología general de aplicación***

Los elementos fundamentales para la aplicación de electroterapia son el paciente, el aparato y el sistema de aplicación.

#### ***El paciente***

Respecto al paciente, se deben considerar los siguientes factores psicológicos, morfológicos, relacionados con la piel y factores sensitivos.

### *El aparato*

El aparato debe disponer del tipo de corriente a aplicar, así como estar homologado y en perfecto estado de funcionamiento.

Debemos conocer que el electrodo de color rojo será el electrodo positivo mientras que el negro será el negativo, en corrientes con polaridad. En corrientes sin polaridad, como las de media frecuencia, los electrodos del mismo color formarán parte del mismo canal (Rodríguez Martín, 2014).

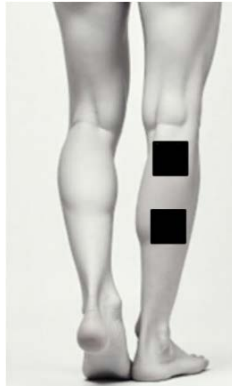
### *El sistema de aplicación*

El sistema de aplicación está formado por electrodos, pero antes de colocarlos se debe explorar la zona de aplicación, examinar el estado de la piel y limpiar la superficie cutánea donde se van a colocar. Para su colocación podremos emplear el método monopolar; con un único electrodo activo, o el método bipolar, con ambos electrodos activos.

El método monopolar consiste en colocar el electrodo indiferente; de mayor superficie, en la zona proximal y el electrodo activo; más pequeño y generalmente el polo negativo, se coloca en la zona afecta para conseguir mejores resultados. Por otra parte, en el método bipolar los electrodos son de tamaño similar, pudiéndose comportar ambos como electrodos activos (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 7 e Ilustración 8.



*Ilustración 7. Aplicación monopolar*



*Ilustración 8. Aplicación bipolar*

### *Dosis*

Los parámetros de dosificación que tendremos que seleccionar para cada paciente son la intensidad, el tiempo de aplicación, la periodicidad y el número de sesiones.

A la hora de establecer la dosis hay que tener en cuenta la sensibilidad del paciente, el estado evolutivo de la afección y la densidad de la corriente.

La sensibilidad del paciente es la capacidad de este para percibir los estímulos eléctricos que aplicamos. Podemos clasificarla en sensibilidad subliminal; en la que el paciente no percibe nada, sensibilidad liminal; donde la percepción es media, sensibilidad supraliminal; en la que se produce una percepción molesta sin dolor y sensibilidad umbral; donde la percepción es la mínima necesaria para provocar dolor.

El estado evolutivo de la afección se puede clasificar en agudo, subagudo o crónico.

La densidad de la corriente se mide en mA por cm<sup>2</sup> (Rodríguez Martín, 2014).

## ***Normas de seguridad de electroterapia***

Los aspectos clave para llevar a cabo una práctica segura de electroterapia son el acoplamiento aparato-paciente, el equipo y el mismo paciente.

El acoplamiento entre el aparato y el paciente está determinado por la densidad de la corriente y la resistencia de la piel. Respecto al equipo, se debe comprobar el estado de la instalación, el funcionamiento del aparato, el estado del sistema de aplicación y si está homologado. En cuanto al paciente, se deben comprobar los elementos que modifican la resistencia de la piel y la densidad de corriente máxima admisible en cada caso.

Entre las causas más frecuentes de accidentes están el mal estado del sistema de aplicación, el tamaño inadecuado de los electrodos a la intensidad de corriente aplicada y una mala técnica de colocación de los electrodos.

Un punto esencial para evitar lesiones es vigilar la sensibilidad del paciente, evitando que la sensación sea dolorosa y comprobando la temperatura de la zona de aplicación.

# BLOQUE TEMÁTICO II: ELECTROTERAPIA

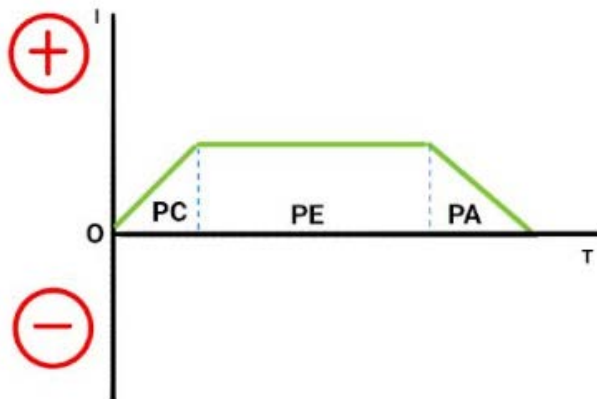
## Tema 2: Electroterapia con corriente galvánica

### *Características*

La corriente galvánica consiste en una corriente continua, ininterrumpida y constante.

Este tipo de corriente se divide en tres fases. Primero, el periodo de cierre, en el que va subiendo la intensidad, con una duración entre 5 y 10 segundos. Luego, tiene lugar el periodo de estado, donde la intensidad se mantiene entre 35 y 40 minutos. Por último, en el periodo de apertura se produce un descenso de la intensidad hasta el cese de la misma, con una duración de alrededor de siete segundos. Véase Ilustración 9.

Las técnicas que se pueden aplicar con este tipo de corriente son el galvanismo, la iontoforesis, la electrolisis percutánea invasiva y la estimulación eléctrica transcraneal.



*Ilustración 9. Fases de la corriente galvánica*

## *Efectos del galvanismo*

El galvanismo produce efectos electroforéticos de disociación iónica, alteraciones metabólicas, hidrólisis, electroósmosis, efecto electroforético secundario o trofovascular y efectos polares.

El efecto electroforético de disociación iónica consiste en que al aplicar corriente galvánica se impulsa a que los iones migren hacia el electrodo de polaridad opuesta, lo que produce cambios químicos. Estos cambios químicos producen, por consiguiente, alteraciones metabólicas, ya sea mediante la aceleración o el frenado de las reacciones.

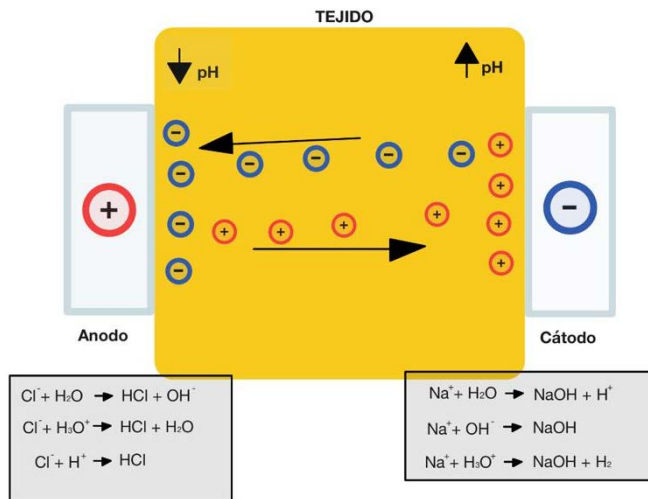
Bajo los polos se produce la hidrólisis, es decir, los iones locales concentrados reaccionan con el agua y producen sustancias ácidas o básicas, dependiendo del polo donde se produzca esta reacción. Por tanto, todo este desajuste de concentraciones se compensa con el movimiento de agua, proteínas u otras sustancias por presión oncótica.

Tras el tratamiento, el desequilibrio electroquímico ocasionado revertirá a un estado homeostático lógico, por lo que los iones realizarán el camino inverso. Este periodo de reequilibrio se caracteriza por enrojecimiento y calor, explicando su efecto trofovascular.

Los efectos polares son los efectos que se producen bajo de los electrodos. Bajo el polo positivo (ánodo) encontramos un rechazo de iones positivos, a la vez que la llegada de iones  $\text{Cl}^-$ , que acabará formando  $\text{HCl}$  al reaccionar con moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ . Además, si la potencia es moderada, este  $\text{HCl}$  se volverá a disociar con  $\text{H}_2\text{O}$  sin ninguna consecuencia, pero si la potencia es alta el ácido se acumula, provocando una disminución del pH y, por consiguiente, una quemadura química ácida. Asimismo, si las moléculas de  $\text{OH}^-$  se acumulan pueden precipitar, irritando las terminaciones nerviosas, generando dolor e inflamación. Otros efectos bajo el ánodo son la coagulación, vasoconstricción, sedación, disminución del metabolismo y una acción sedante. Este electrodo se aplica en zonas afectadas por procesos agudos.

Bajo el polo negativo (cátodo) encontramos un rechazo de iones negativos, a la vez que la llegada de iones de  $\text{Na}^+$ , que acabarán

formando NaOH al reaccionar con moléculas de H<sub>2</sub>O. Además, si la potencia es moderada, el NaOH se disociará con H<sub>2</sub>O sin consecuencias, pero si la potencia es excesiva se acumula NaOH, volviéndose un medio demasiado alcalino, aumentando el pH y provocando una quemadura básica. Otros efectos bajo el cátodo son licuefacción, irritación, vasodilatación, aumento del metabolismo y acción excitadora. Este electrodo se aplica en zonas afectadas por procesos crónicos (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 10.



*Ilustración 10. Efectos bajo el ánodo y cátodo*

### Efectos interpolares

Los efectos interpolares son los efectos que se producen en el interior del organismo, en el segmento corporal situado entre los dos polos.

Se produce una acción vasomotora y trófica, marcada por vasodilatación, hiperemia con eritema galvánico, incremento de la nutrición tisular, efecto antiinflamatorio y analgésico

También actúa sobre el sistema nervioso central, produciendo sedación o excitación, en función del tipo de galvanismo que empleemos.

Sobre los nervios motores el cátodo provoca mejoría de la excitación y se puede comprobar por el control de la cronaxia, que suele reducirse después de la aplicación de la corriente continua.

La cronaxia es el tiempo que debe aplicarse una corriente eléctrica para conseguir una respuesta mínima con una intensidad doble de la reobase. Asimismo, la reobase es la intensidad de corriente mínima necesaria para provocar una respuesta motora (Fermín & Francisco, 2013).

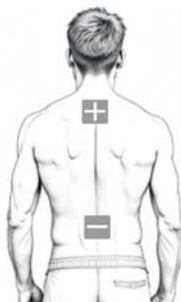
## **Galvanización**

Consiste en la aplicación, con fines terapéuticos, de la corriente galvánica. Existen dos formas de galvanización; directa e indirecta.

### **Galvanización directa**

Es la técnica de galvanización que se realiza mediante la colocación de electrodos sobre la superficie corporal. La colocación de los electrodos puede ser tanto longitudinal como transversal.

Cuando el efecto que se busca es un alivio del dolor a través del sistema nervioso, emplearemos galvanismo descendente o galvanonarcosis y galvanismo ascendente. En el galvanismo descendente o galvanonarcosis se coloca el ánodo en la zona más craneal y el cátodo en la zona más caudal, por lo que la corriente tendrá un sentido cráneo-caudal, originando un efecto sedante. En el galvanismo ascendente se busca un efecto estimulante, por lo que se coloca el ánodo en la zona más craneal y el cátodo en la zona más distal, por lo que la corriente se dirigirá de distal a proximal (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 11, Ilustración 12 e Ilustración 13.



*Ilustración 11. Aplicación longitudinal. Galvanismo descendente*



*Ilustración 12. Aplicación transversal*



*Ilustración 13. Galvanismo ascendente*

Para la realización de esta técnica, necesitaremos un generador de corriente continua, dos electrodos; el ánodo y el cátodo, con sus respectivos cables; rojo para el ánodo y negro para el cátodo.

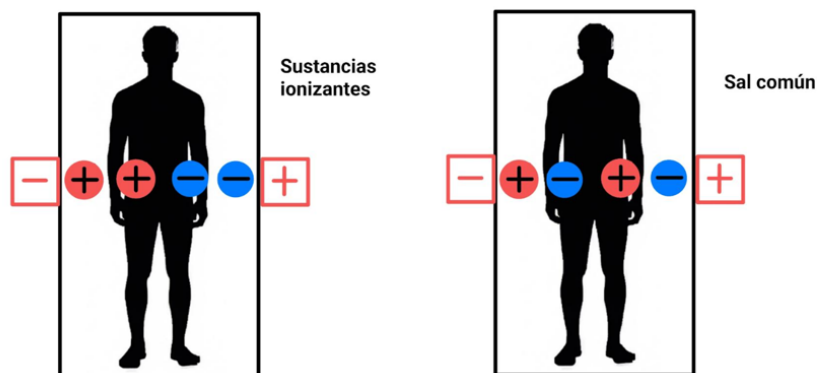
En primer lugar, informaremos al paciente y lo situaremos en una posición adecuada. Luego exploraremos la zona y limpiaremos la piel. Después, colocaremos y fijaremos adecuadamente los electrodos, en función del tipo de galvanismo que queramos aplicar. Tras ello, se conectarán los electrodos y se programará el equipo, subiendo lentamente la intensidad.

#### **Galvanización indirecta**

Es la técnica de galvanización que se realiza por medio de baños totales o parciales en bañeras especializadas. Estas contienen electrodos a los laterales y disolución acuosa con sustancias ionizantes o sal común, produciendo efectos distintos en función del soluto.

En el caso de las sustancias ionizantes, en las proximidades del cátodo se acumularán los iones positivos de la disolución, y en el lado del

cuerpo próximo al cátodo se concentrarán los iones positivos del organismo, ocurriendo de igual manera con el ánodo y los iones negativos. Sin embargo, cuando el soluto es sal común, en las proximidades al cátodo se concentran iones positivos y en el lado del cuerpo próximo al ánodo se acumulan iones negativos, ocurriendo de igual manera para el ánodo y los iones negativos (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 14.



*Ilustración 14. Esquema de la disposición iónica según el soluto*

### Dosificación

La galvanización produce cambios químicos en el organismo, especialmente bajo los electrodos. Estos cambios pueden llegar a originar quemaduras químicas, que no son igual de perceptibles que las quemaduras ocasionadas por agentes térmicos, ni por el paciente ni por el fisioterapeuta. Por tanto, será de vital importancia intentar establecer dosis para no exceder límites que conlleven esta lesión.

La mayoría de autores recomiendan una dosis entre 0,05 microamperios y 1 miliamperio por centímetro cuadrado. Esta dosis variará en función de los objetivos que se deseen; si se desea que la concentración bajo los polos no sea muy elevada y las sustancias formadas tengan tiempo de hidrolizarse, se emplea un escaso voltaje en un tiempo más prolongado, resultando en menos potencia. Por otro lado, si queremos producir efectos electroquímicos significativos bajo los polos, se aplicará un voltaje elevado, controlando el tiempo de aplicación (Rodríguez Martín, 2014).

## Indicaciones

La galvanización está indicada tanto en procesos agudos y crónicos, en los que se requiera una acción hiperémica y trófica, analgésica, antiespasmódica, de cicatrización de heridas o en consolidación de fracturas. Además, también se emplea como terapia previa de electroestimulación o en neuralgias o mialgias.

## Riesgos y precauciones

Debemos evitar un mal contacto de los electrodos, la galvanización de piel con heridas o erosiones y no aplicar densidades de corriente superiores a la máxima admisible. Además, el galvanismo está contraindicado en pacientes con endoprótesis y aparatos de osteosíntesis, marcapasos, problemas cardíacos, embarazo, procesos cancerígenos, tromboflebitis y alteraciones de la sensibilidad. También hay que tener precaución con respuestas neurovegetativas exageradas y en zonas cercanas a glándulas endocrinas (Rodríguez Martín, 2014).

El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

## *Iontoforesis*

Consiste en la aplicación cutánea de un medicamento, sobre el cual colocaremos un electrodo de igual polaridad, provocando que los iones fisiológicamente activos se desplacen a través de la epidermis y mucosas, atraídos por el otro electrodo, por medio de corriente galvánica. Por ello los efectos fisiológicos y terapéuticos son los propios del agente farmacológico aplicado.

Asimismo, debemos tener en cuenta que el ánodo es el electrodo con carga positiva, por lo que recibe aniones; de carga negativa. Por tanto, el cátodo es el electrodo de carga negativa y recibe iones de carga positiva (Rodríguez Martín, 2014).

## Metodología e instrumentación

Para la realización de esta técnica, necesitaremos un generador de corriente continua, un electrodo activo (de igual polaridad que el medicamento) y el electrodo indiferente, con sus respectivos cables; rojo para el positivo y negro para el negativo.

## Procedimiento

En primer lugar, se limpia la piel para eliminar resto de grasas u otras cremas. Luego se colocan los electrodos, que variarán de tamaño dependiendo de la zona a tratar (cuanto más grande sea la zona mayor será el electrodo), siendo siempre el electrodo activo igual o menor al electrodo indiferente. Tras seleccionar los electrodos, se introducen en una esponja previamente empapada en agua para evitar el contacto del electrodo y la piel. Después, aplicamos el medicamento, sobre el cual colocaremos el electrodo de igual polaridad para que los iones sean repelidos y penetren. Por último, colocamos el otro electrodo en la zona donde queremos que se dirijan los iones, cinchamos ambos electrodos y seleccionamos el programa adecuado, subiendo lentamente la intensidad, con una duración de entre 10 y 30 minutos, dependiendo de la intensidad seleccionada, que suele ser de entre 40 y 80 miliamperios por minuto (Perez Rodriguez, 2012) .

## Indicaciones

Las principales indicaciones de la iontoforesis son patologías en las que se quiera obtener un efecto analgésico local, relajante muscular, neurotrófico local, cicatricial, antiséptico, trombolítico, desestructuración de los tejidos, vasodilatación o vasoconstricción (Rodríguez Martín, 2014). Por tanto, se podrá aplicar a dolores localizados, neuropatías periféricas, miositis osificante traumática, adherencias, cicatrices...

## Precauciones y contraindicaciones

Se aconseja comprobar el estado de la piel durante los primeros minutos, que puede producirse una erupción galvánica. Además, debemos tener en cuenta las posibles quemaduras que se pueden ocasionar tanto en el ánodo como en el cátodo para así evitarlas, por lo que no se debe confiar en la sensación subjetiva del paciente. Tampoco es conveniente apoyar el cuerpo sobre los electrodos, pues puede producir isquemia. Asimismo, la mayor precaución que debemos tomar radica en el medicamento, consultando al paciente por sus alergias (Perez Rodriguez, 2012).

## *Casos clínicos*



*Vídeo 1. Iontoforesis en compartimento medial de rodilla*



*Vídeo 2. Galvanismo descendente en dolor de espalda*

## Tema 3: Punción seca y electrolisis percutánea invasiva

### *Introducción*

La electrolisis percutánea invasiva es una técnica en la que combina la aplicación de una corriente galvánica junto con la punción. Por tanto, se requieren una serie de conceptos previos en lo relacionado al manejo y empleo de las agujas con fines terapéuticos. Es por ello por lo que incluimos la punción seca previa al apartado de electrolisis percutánea invasiva.

### *Punción seca*

#### *Concepto*

La punción seca se engloba dentro de las técnicas de fisioterapia mínimamente invasiva, que son aquellas en las que se introduce un instrumento en el cuerpo, a través de la piel. Esta técnica en concreto consiste en la introducción de agujas similares a las de la acupuntura en la piel, sin insertar o extraer ninguna sustancia, solo empleando el estímulo mecánico de la aguja.

La punción seca se aplica fundamentalmente en el síndrome de dolor miofascial; un conjunto de síntomas sensorio-motores y autónomos provocados por los puntos gatillo miofasciales (Trigger Points). A su vez, estos puntos gatillo consisten en un foco hiperirritable en un músculo esquelético, asociado a un nódulo palpable hipersensible, en el interior de una banda tensa de fibras musculares. Esta zona origina dolor al estimularla mecánicamente o por otros estímulos, pudiendo causar dolor referido, fenómenos autónomos y disfunción motora. Estos puntos gatillos pueden estar desencadenados por diversos factores; como sobrecarga mecánica, traumatismos, posiciones en acortamiento muscular mantenida, radiculopatías o estrés emocional.

Los puntos gatillo miofasciales pueden clasificarse en distintas categorías. Si atendemos a la clínica que provocan, los clasificamos en activos o latentes. Ambos provocan la sintomatología de la que hablamos anteriormente, pero solo los puntos gatillo activos provocan

dolor referido sin estimulación, de forma espontánea. También, distinguimos entre puntos gatillo centrales; localizados en el vientre muscular, e insercionales; localizados en la zona tendinosa como consecuencia de puntos gatillo centrales. Por otra parte, según la jerarquía se clasifican en puntos gatillo clave o primarios (activarán otros puntos gatillo satélite), puntos gatillo satélite o secundario (se formarán por la actividad de un punto gatillo clave) y puntos gatillo asociado (coexisten en un músculo con otro punto gatillo).

Otro concepto fundamental es el de respuesta espasmódica local, que se refiere a una contracción muscular involuntaria y breve que se produce al insertar la aguja en un punto gatillo miofascial. Su aparición indica que la aguja ha alcanzado el punto gatillo y se considera una señal positiva de efectividad del tratamiento (Moral, 2018).

### *Clasificación*

La punción seca para el tratamiento del síndrome de dolor miofascial tiene distintas modalidades: punción seca superficial; donde la aguja se queda en los tejidos suprayacentes al punto gatillo, y punción seca profunda; donde se atraviesa el punto gatillo con la aguja. Ejemplos de punción seca superficial son la técnica de punción superficial de Peter Baldry o la técnica de punción subcutánea de Fu. Otros ejemplos, pero de punción seca profunda serían la técnica de entrada y salida rápida de Hong o la técnica de estimulación intramuscular de Gunn, entre otras (Moral, 2018).

Junto a estas, existen otras variantes de la punción seca cuya aplicación puede ser distinta al síndrome de dolor miofascial, como la PENS (Percutaneous Electrical Nerve Stimulation) o la DNHS (Dry Needling for Hypertonia and Spasticity). La PENS consiste en la aplicación de corrientes de baja frecuencia a través de agujas de punción, que pueden ser empleadas para la modulación del dolor musculoesquelético (Rodríguez Lagos et al., 2023). Por otra parte, la DNHS consiste en la aplicación de la punción seca para disminuir la espasticidad en pacientes neurológicos (Fernández-de-Las-Peñas et al., 2021).

### *Mecanismo de acción*

La punción seca actúa a través de varios mecanismos fisiológicos que explican sus efectos fisiológicos. Entre ellos encontramos la estimulación de las fibras A-delta por la inserción de la aguja sobre el punto gatillo, la disminución de sustancias químicas sensibilizantes, como sustancia P, bradisinina, péptido relacionado con el gen de la calcitonina factor de necrosis tumoral... Además, al aplicarla se produce un aumento del pH, siendo un pH bajo causa de sensibilización periférica. También produce laceración mecánica de los miocitos o placas motoras afectadas, y produce efectos sobre el flujo sanguíneo, aumentando la oxigenación del tejido muscular (Moral, 2018).

### *Metodología de aplicación*

El tratamiento del síndrome de dolor miofascial se divide en dos fases. En la primera, se controlan los síntomas mediante el tratamiento de los puntos gatillo miofasciales, con punción seca, por ejemplo. La segunda fase se centra en identificar y mitigar los factores etiológicos y perpetuadores.

La realización de la punción seca se inicia con la fase de preparación, en la que el profesional procede al lavado y enguantado de manos, asegurando la higiene y seguridad durante el procedimiento. A continuación, se realiza la localización precisa del punto gatillo miofascial que se desea tratar, seguida de la desinfección de la zona donde se insertará la aguja. Posteriormente, se efectúa la fijación de la banda tensa y del punto gatillo con presión firme, para estabilizar la zona durante la punción.

En la fase de inserción, se introduce la aguja a través de la piel utilizando la técnica de impulso con tubo guía. La aguja se toma de la zona de inserción y se guía con los dedos índice y pulgar en línea con su eje, apoyando los dedos tercero y cuarto sobre el paciente para mayor estabilidad. La inserción continúa de manera lenta mediante la extensión de las articulaciones interfalángicas del índice y pulgar.

Durante este proceso, se evalúa la sensación del paciente, verificando si aparece un pinchazo intenso o sensación de electricidad. En caso

afirmativo, se retira la aguja ligeramente al tejido subcutáneo y se modifica su dirección antes de continuar.

Se realizan entonces inserciones rápidas múltiples de la aguja en la misma dirección para estimular el punto gatillo. Durante estas inserciones se valoran dos aspectos: si se alcanza el umbral de tolerancia del paciente y si se producen las respuestas de espasmo local. En caso de no alcanzarse, se realizan varios cambios de dirección de la aguja y se repite la técnica hasta lograr el efecto deseado.

Finalmente, se procede a la extracción de la aguja, aplicando presión hemostática con el dedo enguantado o, si ha habido sangrado, mediante una gasa o bola de algodón para controlar cualquier hemorragia (Moral, 2018).



*Vídeo 3. Punción seca y neuromodulación en puntos gatillo miofasciales*

### *Indicaciones*

La punción seca está indicada fundamentalmente para el síndrome de dolor miofascial, pero también se recomienda para una amplia gama de patologías, como dolor de hombro en hemiparesias, síndrome subacromial, capsulitis adhesiva, dolor lumbar y cervical, radiculopatías, dolor anterior idiopático de rodilla, fascitis plantar, tendinopatías, migrañas, cefaleas o espasticidad (Moral, 2018).

### *Contraindicaciones y riesgos*

La punción seca no se realizará bajo ningún concepto en pacientes con un miedo insuperable a las agujas (belonefobia) o aquellas personas que presenten problemas de la coagulación o en tratamiento con anticoagulantes, en las que se quieran abordar estructuras inaccesibles a la palpación, pues se corre el riesgo de hemorragia importante (Moral, 2018).

## ***Electrolisis percutánea invasiva***

### ***Concepto***

La electrolisis percutánea invasiva consiste en la aplicación de una corriente galvánica a través de una aguja de punción en el tejido músculo-esquelético, produciendo un efecto analgésico y un proceso inflamatorio que da lugar a fagocitosis y reparación del tejido afecto. Todo este proceso se realiza mediante control ecográfico de la aguja. Es importante recalcar que la aguja actuará como cátodo (electrodo negativo), y por tanto, como electrodo activo.

Las primeras publicaciones de aplicación en fisioterapia de corriente galvánica a través de agujas intratisulares datan del 2002 en Brasil, pero no fue hasta 2004 que el fisioterapeuta español José Manuel Sánchez Ibáñez desarrolla su utilización y registra la marca EPI® (Fermín & Francisco, 2013).

### ***Clasificación***

Según las características de la aplicación de la electrolisis percutánea distinguimos entre alta intensidad con tiempos cortos y baja intensidad con tiempos prolongados. La modalidad de alta intensidad y tiempo corto emplea corrientes a partir de 1 miliamperio (mA) durante periodos de entre 3 y 10 segundos, estimulando la reparación y aportando efecto analgésico. Por otra parte, en la baja intensidad y tiempo prolongado se emplean corriente entre 0,3 y 1 mA durante tiempos de entre 50 y 80 segundos, con un efecto principalmente analgésico (Fermín & Francisco, 2013).



*Ilustración 15. Aplicación de EPI*

## *Fisiología*

La electrolisis percutánea provoca efectos mecánicos y eléctricos. Los efectos mecánicos se caracterizan por el movimiento de la aguja durante la aplicación, activando vías de señalización y produciendo un estímulo de mecanotransducción, lo que conlleva la reorganización del tejido conjuntivo. Los efectos eléctricos podemos clasificarlos en efectos electrofísicos, electroquímicos y electrotérmicos.

El efecto electrofísico fundamental de la electrolisis percutánea consiste en la electroforesis, es decir, la migración de iones positivos desde el ánodo hacia el cátodo, e iones negativos desde el cátodo hacia el ánodo. Esta migración iónica estimula el sistema nervioso periférico, respuestas vasculares y mecanismos analgésicos endógenos. Además, también se produce una potenciación en la replicación de los fibroblastos y de la síntesis de ADN, así como la migración de células hacia ambos polos; incluidas aquellas células relacionadas con la reparación tisular.

Para comprender el efecto electroquímico, se debe recordar que gran parte del tejido se compone de agua (H<sub>2</sub>O) y electrolitos; como NaCl, se produce la disociación electrolítica por la aplicación del potencial eléctrico, disociando las moléculas de H<sub>2</sub>O y de NaCl, seguido de la migración de los respectivos iones (H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) al electrodo que comparta distinta polaridad. Como resultado, en el cátodo reaccionarán los iones de H<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup> con H<sub>2</sub>O para formar NaOH, alcalinizando el pH y activando una respuesta inflamatoria para reparar el tejido afecto. Los efectos interpolares entre ánodo y cátodo son desestimables por el corto tiempo de aplicación.

El efecto electrotérmico en la aplicación de electrolisis percutánea es despreciable debido al poco tiempo de aplicación, por lo que la señal nociceptiva que recibe el paciente se debe en todo caso a una quemadura electroquímica como resultado de la alcalinización del pH local (Fermín & Francisco, 2013).

### *Efectos locales al usar la aguja catódica*

Como se ha mencionado con anterioridad, los efectos derivados de la electrolisis originan reacciones alcalinas en la aguja catódica,

produciendo hidróxido sódico (NaOH) y, como consecuencia, un aumento del pH. Este ambiente alcalino destruye el tejido fibrótico y tiene efecto germicida y bactericida. Asimismo, se origina una liberación de hidrógeno y un ablandamiento y relajación tisular, sin deteriorar ni modificar la composición de la aguja (Fermín & Francisco, 2013).

#### *Respuestas asociadas*

La respuesta más común tras la aplicación de electrolisis percutánea es dolor. Este se debe fundamentalmente a la corriente eléctrica aplicada junto a la penetración de la aguja en los tejidos. Otra reacción menos frecuente es la respuesta autonómica simpática vasovagal, caracterizada por palidez, sudoración, piloerección, piel fría, mareo y efectos viscerales (Fermín & Francisco, 2013).

#### *Metodología de aplicación*

En el caso de aplicar la técnica de electrolisis percutánea intratisular, primero deberemos informar al paciente sobre la técnica. El paciente debe firmar un consentimiento informado mediante el cual declara su voluntad de someterse a dicha técnica. Luego, la realización comienza con una fase de preparación, en la que el profesional se lava las manos, se coloca guantes estériles y prepara el material necesario. Tras ello, se coloca al paciente en una posición cómoda, en decúbito según la zona a tratar, para luego proceder con ayuda de un ecógrafo a localizar con precisión la zona de tejido degenerado que se va a tratar y, una vez identificada, se desinfecta con clorhexidina o alcohol etílico la piel del área a intervenir.

Bajo control ecográfico continuo, se introduce una aguja fina similar a la utilizada en punción seca, avanzándola de manera lenta y controlada hasta que la punta queda situada dentro del tejido lesionado. Una vez posicionada, la aguja se conecta al electrodo negativo del dispositivo de electrolisis percutánea, mientras que un parche o electrodo positivo se coloca sobre la piel cercana. Véase Ilustración 15. El equipo emite una corriente galvánica de baja intensidad durante unos segundos, que provoca una electrólisis localizada y desencadena una inflamación controlada. Esta respuesta inflamatoria es la que, posteriormente, activa los procesos de reparación y reorganización del colágeno.

Durante el procedimiento, el paciente puede notar una sensación de presión, calor o leve quemazón, que se vigila para evitar molestias excesivas. Al finalizar, se retira lentamente la aguja y se aplica presión con una gasa estéril para prevenir el sangrado. Finalmente, debido a que el paciente percibirá dolor los días siguientes a la intervención, se le indica que no aplique crioterapia inmediatamente, ni tome antiinflamatorios no esteroideos, aunque sí se permiten otros de analgésicos.

Se recomienda que las sesiones de electrolisis percutánea no se repitan al menos hasta los 7 días para respetar la respuesta inflamatoria. En procesos crónicos se suelen aplicar entre 3 y 4 sesiones, mientras en los procesos agudos y subagudos basta con una o dos (Fermín & Francisco, 2013).

En tendinopatías, se han obtenido mejores resultados en cuanto al alivio de dolor y mejora de la funcionalidad aplicando un programa combinado de electrolisis percutánea y ejercicio excéntrico, comparado con la intervención aislada de estas técnicas. Por ello, se recomienda este tipo de ejercicio (Asensio-Olea et al., 2023).



*Vídeo 4. Electrolisis percutánea en tendón rotuliano*

### *Indicaciones*

La electrolisis percutánea está indicada en procesos crónicos para reactivar los procesos de reparación del tejido, mientras que, en procesos agudos su objetivo es favorecer la eliminación de sustancias de desecho. Es por ello por lo que se indica para tejidos blandos: tendón, músculo, ligamento, bursa, retracciones capsulares, alteraciones fasciales, problemas sinoviales e incluso en periostio y lesión nerviosa.

En tendón está indicado para tendinopatías intrasinoviales crónicas (tendinosis), tendinopatías extrasinoviales, tenosinovitis crónicas y tendinopatías posquirúrgicas.

En músculos se aplica a lesión muscular aguda y crónica, como síndrome pseudocompartimental, síndrome de dolor miofascial y punto gatillo miofascial. En ligamentos se aplica tanto en lesiones agudas como crónicas. También en lesión bursal crónica, periostitis tibial y lesión nerviosa por atrapamiento, como el síndrome del túnel carpiano (Fermín & Francisco, 2013).

En tendinopatías como la del supraespinoso o la epicondilalgia lateral, los estudios concluyen que el tratamiento con electrolisis percutánea aislada o en combinación con estimulación nerviosa periférica percutánea, demuestra ser más efectivo que el TENS, ultrasonido y la punción seca para el alivio del dolor, la mejora del umbral de dolor a la presión y el rango de movimiento, con efectos positivos que se mantienen tanto a corto como a largo plazo y que se asocian con cambios estructurales favorables en el tendón y una mejor funcionalidad (Góngora-Rodríguez et al., 2024, 2025; Rodríguez-Huguet, Góngora-Rodríguez, Lomas-Vega, et al., 2020; Rodríguez-Huguet, Góngora-Rodríguez, Rodríguez-Huguet, et al., 2020).

#### *Contraindicaciones y precauciones*

Entre las contraindicaciones de la electrolisis percutánea son las mismas que las de electroterapia, añadiendo las contraindicaciones por el empleo de la aguja. Por tanto, esta técnica es una contraindicación absoluta en pacientes con marcapasos, miedo insuperable a las agujas, endoprótesis y osteosíntesis, cardiopatías, embarazo, procesos oncológicos, tromboflebitis, glándulas endocrinas, afecciones cutáneas y cuadros febriles. Véase Anexo 1.

Se debe prestar especial atención si el paciente consume antibióticos tipo fluoroquinolonas, puesto que estos antibióticos inhiben la proliferación celular y reducen la síntesis de colágeno tipo I, además de aumentar las metaloproteinasas, que son enzimas que degradan la matriz del tendón. Por tanto, la electrolisis percutánea estaría

añadiendo un daño al tendón, debido a que la capacidad de regeneración está inhibida.

Por otro lado, entre las contraindicaciones relativas descritas encontramos pacientes con diabetes mellitus tipo dos, hipotiroidismo, fibromialgia, artritis reumatoide o espondiloartropatías, cuadros de epilepsia, afectaciones neurosensitivas y el consumo de esteroides, estatinas o medicación antiplaquetaria o anticoagulante.

Es de destacar, y de suma importancia tener precaución con la alergias de los pacientes ante el material empleado, así como el riesgo de aparición de respuestas vasovagales (Fermín & Francisco, 2013).

## Tema 4: Neuromodulación

### *Concepto*

La neuromodulación es un proceso en el que se modifica la actividad neuronal sin generar directamente potenciales de acción, sino cambiando la probabilidad, intensidad o patrón de respuesta de las neuronas ante estímulos normales. Estos cambios neurofisiológicos suceden gracias a la neuroplasticidad, una característica fundamental del sistema nervioso, que consiste en su capacidad para cambiar su actividad como respuesta a estímulos intrínsecos o extrínsecos, reorganizando sus funciones, su estructura o sus conexiones (Puderbaugh & Emmady, 2025).

La neuromodulación se clasifica principalmente según la necesidad de penetrar los tejidos para acceder al sistema nervioso, dividiéndose en técnicas no invasivas e invasivas. Las técnicas no invasivas modulan la actividad neuronal desde el exterior del cuerpo; las más comunes en fisioterapia incluyen la estimulación transcraneal, que puede ser de distintos tipos, y la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS), que aplica corriente a través de la piel para el alivio del dolor. Por otro lado, las técnicas mínimamente invasivas de neuromodulación requieren la introducción de un instrumento a través de la piel. Dentro de estas se encuentra la neuromodulación percutánea (NMP), que utiliza una aguja, a menudo guiada por ecografía, para aplicar corrientes eléctricas directamente sobre un nervio periférico o un punto motor específico con el objetivo de modular su función (Fidalgo-Martin et al., 2022).

Este tema se enfocará fundamentalmente en la NMP.

Aunque el mecanismo de acción no se conoce por completo, la NMP estimula vías ascendentes y descendentes, así como regiones supraespinales del sistema nervioso central, produciendo una modulación de los impulsos eléctricos en dichas vías (Fidalgo-Martin et al., 2022).

## Metodología de aplicación

La metodología de aplicación de la NMP utiliza una aguja que se conecta a un estimulador eléctrico externo. Esta aguja se inserta cerca de la trayectoria de un nervio periférico con el objetivo de modular las redes neuronales y a menudo se emplea la ecografía para realizar punciones más precisas y evitar daños en el tejido nervioso. Por otro canal, se cierra el circuito mediante un electrodo.

A la hora de abordar las raíces nerviosas, se deberá tener en cuenta la distribución dermatómica del cuerpo humano. Véase Ilustración 16.

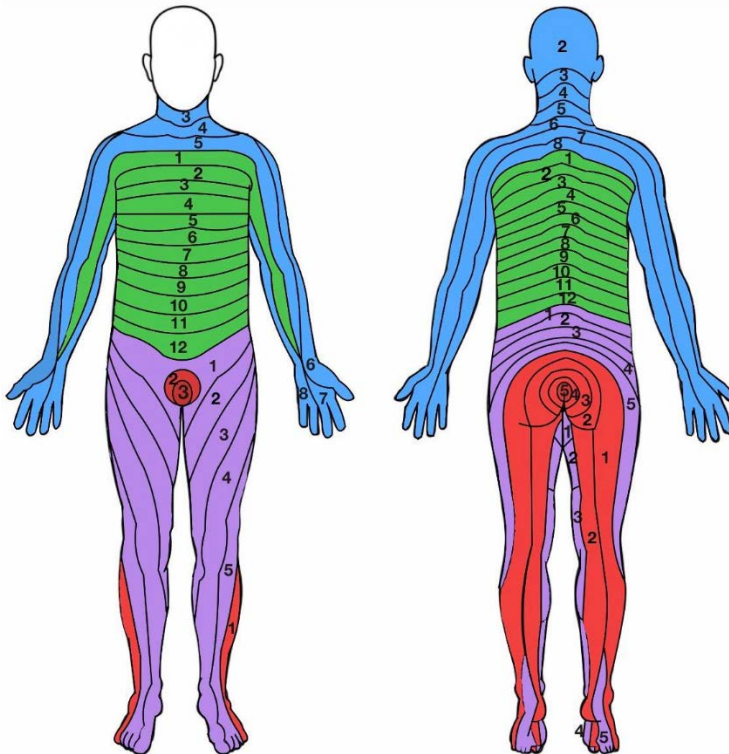


Ilustración 16. Dermatomas. Azul: Dermatomas cervicales. Verde: Dermatomas torácicos. Morado: Dermatomas lumbares. Rojo: Dermatomas sacros

La evidencia científica no refleja de manera homogénea parámetros como la frecuencia, intensidad y duración, por lo que se adaptará la aplicación de manera individualizada ante la falta de consenso en protocolos estandarizados (Mogedano-Cruz et al., 2025).

### ***Indicaciones***

La neuromodulación percutánea está indicado en diversas patologías neuromusculares, como el dolor neuropático periférico, el síndrome de dolor miofascial, la artrosis de rodilla o la fascitis plantar. Sin embargo, al tratarse de un procedimiento novedoso, se requiere más evidencia para consolidar las conclusiones debido a la escasez de artículos disponibles (Fidalgo-Martin et al., 2022).

### ***Contraindicaciones***

Las contraindicaciones de la NMP combinan los riesgos asociados a la punción seca y la electroterapia. Por un lado, las contraindicaciones relacionadas con la punción incluyen la belonefobia (miedo a las agujas), la presencia de infección local o heridas/lesiones en la zona de tratamiento, el uso de anticoagulantes o trastornos de la coagulación, y la inmunodeficiencia. Véase Anexo 1.

Por otro lado, las contraindicaciones propias de la electroterapia abarcan la presencia de marcapasos u otros dispositivos electrónicos implantados, implantes protésicos o metálicos cercanos a la zona de aplicación, epilepsia no controlada, y el embarazo. También se consideran precauciones las cardiopatías severas, alergias al material de las agujas o dispositivos, y la propensión a reacciones vagales o mareos.

### ***Casos clínicos***



*Vídeo 5. Neuromodulación del nervio frénico*



*Vídeo 6. Neuromodulación del nervio tibial posterior*

## Tema 5: Estimulación eléctrica transcraneal

### **Concepto**

La estimulación eléctrica transcraneal es una técnica de neuromodulación no invasiva que consiste en la aplicación de corrientes eléctricas a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo, con el objetivo de modificar la excitabilidad cortical (Fertonani & Miniussi, 2017).

Podemos encontrar diferentes tipos de estimulación transcraneal, ya sea mediante electricidad o mediante ondas electromagnéticas. Así pues, dentro de la estimulación eléctrica transcraneal, diferenciamos entre la estimulación transcraneal por corriente continua (tDCS; transcranial direct current stimulation), estimulación transcraneal por corriente alterna (tACS; transcranial altern current stimulation) y la estimulación transcraneal por ruido aleatorio (tRNS; transcranial random noise stimulation)(Bhattacharya et al., 2022).

### **Fisiología**

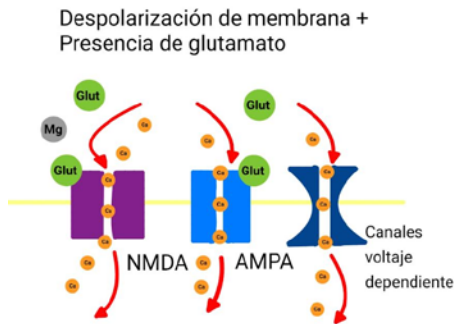
La estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) modifica la excitabilidad de la corteza cerebral mediante la aplicación de una

corriente a través del cuero cabelludo, que tendrá distintos efectos según el electrodo. Debido a que la corriente circula del ánodo hacia el cátodo, el flujo de iones positivos tendrá este sentido, afectando a la membrana neuronal. Por tanto, bajo el ánodo se produce una despolarización de la membrana neuronal que incrementa la excitabilidad y favorece la excitabilidad espontánea de las neuronas; en cambio, bajo el cátodo se induce una hiperpolarización que reduce la excitabilidad. Asimismo, esta estimulación no es suficiente para desencadenar potenciales de acción (Fertonani & Miniussi, 2017).

Aun así, estas variaciones en el potencial de membrana desencadenan procesos de plasticidad sináptica dependientes del calcio, mediada principalmente por receptores glutamatérgicos tipo NMDA. La entrada de calcio en la neurona determina si se produce una potenciación a largo plazo (LTP; long-term potentiation) o una depresión a largo plazo (LTD; long-term depression): un aumento rápido de calcio activa rutas enzimáticas que incrementan la densidad de receptores AMPA en la membrana y favorecen la LTP, mientras que una elevación más lenta de calcio promueve la disminución de estos receptores y genera LTD. Además, la plasticidad inducida por tDCS está modulada por otros neurotransmisores, como la dopamina, el GABA, la acetilcolina y la serotonina. Asimismo, la duración y la intensidad de la estimulación son determinantes, ya que sesiones prolongadas o corrientes demasiado fuertes pueden invertir el efecto esperado sobre la excitabilidad cortical (Bhattacharya et al., 2022).

El calcio entra la neurona mediante canales de calcio voltaje dependientes, canales NMDA o canales AMPA. Los canales voltaje dependiente detectan la despolarización de la membrana para cambiar su conformación y permitir el paso de calcio. Los canales NMDA están bloqueados por un átomo de magnesio y para su activación es necesario glutamato y la despolarización de la membrana. Los canales AMPA se activan por glutamato, cambiando su conformación y permitiendo el paso de calcio, pudiendo llegar a disparar un potencial de acción si se llega al umbral. Por tanto, en presencia de glutamato el calcio entra mediante canales AMPA elevando el potencial de membrana, y una vez que se despolariza la membrana se abren los canales voltaje dependientes y los canales





*Ilustración 19. Respuesta de canales AMPA, NMDA y canales de calcio al despolarizarse la membrana y en presencia de glutamato*

## **Metodología de aplicación**

La aplicación de tDCS consiste en colocar dos electrodos, ánodo y cátodo, sobre el cuero cabelludo, generalmente en forma de láminas de goma conductora insertadas en esponjas empapadas en solución salina de unos 20–35 cm<sup>2</sup>. Estos electrodos se sostendrán por una especie de casco de goma, con aperturas que representan las distintas áreas donde colocar los electrodos en función del objetivo terapéutico. Véase Ilustración 20.

Un estimulador alimentado por batería suministra una corriente continua de baja intensidad, aproximadamente entre 1 y 2 mA, que fluye desde el ánodo hacia el cátodo. Para asegurar que la intensidad de corriente se mantenga constante, se verifica de forma periódica la impedancia y se ajusta el voltaje del estimulador si es necesario (Fertonani & Miniussi, 2017).



*Ilustración 20. Cascos de tDCS y equipo generador de corriente Epte®*

## **Indicaciones**

La estimulación eléctrica transcraneal se usa como terapia complementaria para tratar la depresión, ansiedad, dolor crónico, rehabilitación post-ictus, Párkinson y otros trastornos neurológicos y psiquiátricos. Además, en personas sanas puede emplearse para mejorar y estimular las funciones cognitivas superiores como la memoria, la atención o las habilidades motoras (Bhattacharya et al., 2022; Domínguez-Pera et al., 2025; Ekhtiari et al., 2019; Rodríguez-Huguet et al., 2024, 2025).

Sin embargo, la respuesta ante la aplicación de los mismos parámetros de tDCS varía entre individuos, pues factores genéticos, morfológicos, neurobiológicos, neuroquímicos, temporales y cognitivos influyen en el resultado de esta técnica. Por ello, se plantea que la personalización de los parámetros de estimulación constituye un paso indispensable para reducir la variabilidad interindividual, mejorar la reproducibilidad y optimizar la eficacia clínica de la tDCS (Van Hoornweder et al., 2025).

## **Contraindicaciones y precauciones**

La tDCS es contraindicación relativa en pacientes con historia de convulsiones o epilepsia, defectos craneales o alteraciones en la

estructura del cráneo, dispositivos intracraneales (como electrodos o estimuladores), clips vasculares en el cerebro y marcapasos cardíacos o bombas implantables. Véase Anexo 1.

En la práctica actual, muchas de estas condiciones ya no constituyen restricciones estrictas, y la seguridad de la tDCS en estos casos ha sido confirmada en estudios recientes, por lo que puede usarse con seguridad en pacientes con estas condiciones, siempre que se tengan las precauciones apropiadas (Yellin et al., 2016).

## Tema 6: Electroterapia con corrientes de baja frecuencia

### *Características generales*

Las corrientes de baja frecuencia son corrientes variables de 1 a 1000 Hz que emiten en forma pulsada y pueden ser unidireccionales o bidireccionales.

### *TENS y EMS*

Dentro de la aplicación de este tipo de corrientes diferenciaremos entre dos clases; el TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) y EMS (Electrical Muscle Stimulation). El TENS lo aplicaremos fundamentalmente para tratar el dolor, mientras que el objetivo del EMS será el fortalecimiento y la activación muscular.

Debemos diferenciar entre la técnica de TENS; que engloba gran cantidad de aplicaciones de corrientes de baja frecuencia, y el aparato TENS, un dispositivo que genera estimulación eléctrica, pero no siempre incluye todas las aplicaciones de técnicas TENS. Lo mismo ocurre para el aparato EMS y la técnica de aplicación EMS (Rodríguez Martín, 2014).

Los aparatos TENS, como antes se mencionó, están enfocados en generar analgesia mediante la estimulación de fibras sensitivas, pudiendo aplicar distintos modos de trabajo, con una intensidad máxima de 50 mA y una duración de sesiones que suele rondar entre 20 (normalmente para casos agudos) y 60 minutos (normalmente para casos crónicos).

Los EMS están indicados en el fortalecimiento muscular mediante la estimulación de fibras motoras, aunque también posee efecto analgésico. La aplicación de las corrientes suele ser en trenes de impulso con una intensidad máxima de entre 80 y 100 mA, y con un tiempo de sesión entre 10 y 20 minutos (Rodríguez Martín, 2014).

Los parámetros con los que se va a trabajar para estimulación neuromuscular son la forma del pulso, la intensidad o amplitud y la duración del pulso.

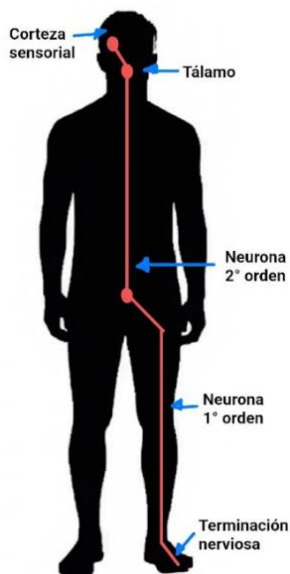
### ***Fundamentos neurofisiológicos***

Nuestro sistema nervioso dispone de ramificaciones en forma de terminaciones nerviosas, que pueden ser aferentes al sistema nervioso central (SNC) (lleva información desde la periferia hasta el SNC) o eferentes al SNC (lleva información desde el SNC hasta la periferia). Dentro de las fibras nerviosas aferentes podemos distinguir entre fibras aferentes musculares y fibras aferentes cutáneas. Las fibras aferentes cutáneas se dividen en fibras C, A-beta y A-delta, todas ellas encargadas de recoger información sensitiva y nociceptiva. Las fibras aferentes musculares son fibras A-gamma, siendo aferencias de músculos fusiformes y órganos tendinosos. Además, existen las fibras A-alfa, que no son fibras aferentes, pero son las fibras eferentes al SNC que formarán la placa motora con el músculo esquelético (Rodríguez Martín, 2014).

Las fibras A-beta son fibras de bajo umbral mielinizadas, por lo que se activan con poca estimulación y transmiten la información de la piel de manera rápida. Su activación es indolora y disminuye la actividad nociceptiva a nivel medular. Además, si se inactivan totalmente se percibe dolor.

Las fibras A-delta tienen un umbral mayor que las A-beta, y también están mielinizadas, pero su conducción es más veloz. Recogen información nociceptiva, siendo las responsables del dolor agudo, desencadenando reflejos protectores.

Las fibras C responden a estimulación nociceptiva química, térmica y mecánica. Además, son amielínicas, por lo que la transmisión de la información es más lenta que los otros dos tipos, ocasionando un dolor tardío y difuso (Perez Rodriguez, 2012).



*Ilustración 21. Esquema de la transmisión del dolor*

La transmisión del dolor comienza en la periferia, donde la terminación nerviosa aferente convierte el estímulo en impulsos nerviosos y lo conduce hasta la médula, donde se produce la sinapsis con la neurona de segundo orden. El axón de esta neurona cruza la línea media y se encarga de transportar el impulso a centros superiores por la vía espinotalámica. La segunda sinapsis se producirá en el tálamo, donde la neurona de segundo orden hará sinapsis con la neurona de tercer orden, que terminará por enviar la información a la corteza sensorial, donde será procesada. El impulso nervioso será modulado en la médula y en el tronco cerebral por la formación reticular mediante hormonas y endorfinas (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 21.

### ***Acciones terapéuticas***

Al aplicar las corrientes de baja frecuencia podemos provocar un efecto excitosensitivo y un efecto excitomotor. El efecto excitosensitivo se trata de una sensación analgésica como resultado de la estimulación de las fibras aferentes cutáneas, sin llegar al umbral de contracción muscular. Por otro lado, el efecto excitomotor consiste en la capacidad de las corrientes de baja frecuencia de estimular las fibras A-alfa,

produciendo potenciales de acción similares a los generados por el sistema nervioso y sobrepasando el umbral de contracción muscular.

## **Clasificación**

Atendiendo a la acción terapéutica, podemos clasificar las corrientes de baja frecuencia en electroestimulación excitosensitiva; con efecto analgésico, y electroestimulación neuromuscular, con acción motora. Las corrientes analgésicas se dividen en corrientes de Träbert, corrientes diadinámicas y TENS. A su vez, hay cuatro tipos de corrientes diadinámicas y tres tipos de aplicación de TENS. Las corrientes motoras se pueden emplear para estimular músculos denervados o músculos normoinervados.

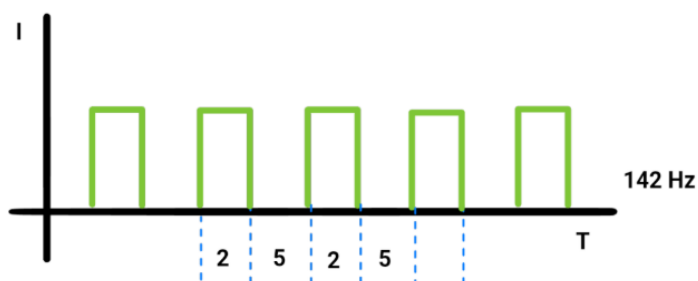
## **Corrientes utilizadas con fines analgésicos**

### **Corriente de Träbert**

Estas corrientes emplean pulsos rectangulares monofásicos con una frecuencia de 142 hercios y una duración de 2 milisegundos, con una pausa entre cada pulso de 5 milisegundos. Véase Ilustración 22.

Estas corrientes están indicadas en algias vertebrales, mialgias, contracturas musculares y neuralgias.

Se aplica al nivel máximo de tolerancia evitando las respuestas motoras. Asimismo, hay que tener precaución con los cambios metabólicos que puede producir su efecto electroforético (Perez Rodriguez, 2012).



*Ilustración 22. Gráfica de corriente de Träbert*



*Vídeo 7. Corrientes de Träbert*

### *Corrientes diadinámicas o moduladas de Bernard*

Las corrientes diadinámicas o corrientes moduladas de Bernard son corrientes alternas rectificadas, con pulsos senoidales monofásico con una duración de 10 ms y una frecuencia entre 50 y 100 Hz. Se dividen en monofásica fija, difásica fijas, cortos periodos, largos periodos y ritmos sincopados. Debido a su frecuencia entre 50 y 100 Hz tienen efecto analgésico, pero por su componente senoidal pierden capacidad analgésica en comparación con los pulsos rectangulares. Lo mismo ocurre para la activación neuromuscular, pues son capaces de estimular las fibras motoras, pero no con la misma eficacia que los impulsos cuadrangulares (Perez Rodriguez, 2012).

Cada modalidad posee un efecto predominante, aunque algunas comparten todos ellos: su efecto galvánico, su efecto antiálgico por vía sensitiva y su efecto antiálgico por vía excitomotora. El paciente sentirá calambre eléctrico y puede que una sensación de hormigueo, picor o calor por el componente galvánico. Este estímulo de calambre provocará la estimulación y la posterior acomodación de las fibras sensitivas, interfiriendo en la conducción del estímulo doloroso. Para evitar la acomodación, Bernard ideó las corrientes de cortos y largos periodos, que consisten en la alternancia de corrientes monofásica fija y difásica fija, evitando así el estímulo repetitivo. Además, se irá ajustando la intensidad para provocar o evitar la contracción muscular, en función del paciente (cuanta más intensidad, con más facilidad se provocará la contracción muscular).

El componente galvánico intensificará el efecto excitomotor, provocando el bombeo de líquidos intramusculares, efectos antiálgicos locales y la reabsorción de edemas, siendo interesante su aplicación en contracturas o para movilización de tejidos no contráctiles (Rodríguez Martín, 2014).

### Monofásica fija

Esta corriente consiste en pulsos senoidales monofásicos de 50 Hz y 10 ms de duración. Posee un componente galvánico del 33% (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 23.

Está indicado para dolores no espasmódicos, tonificación del tejido conjuntivo y muscular y en puntos gatillo.

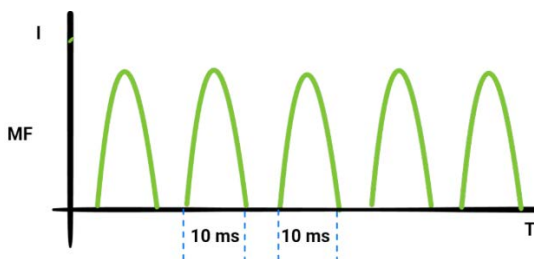


Ilustración 23. Gráfica de corriente monofásica fija

### Difásica fija

Esta corriente consiste en pulsos senoidales monofásicos de 100 Hz y 10 ms sin reposos entre ellos. El paciente se habitúa rápidamente a este tipo de corrientes. Posee un componente galvánico del 66% (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 24.

Está indicado como tratamiento inicial del dolor y en problemas espasmódicos de la circulación.

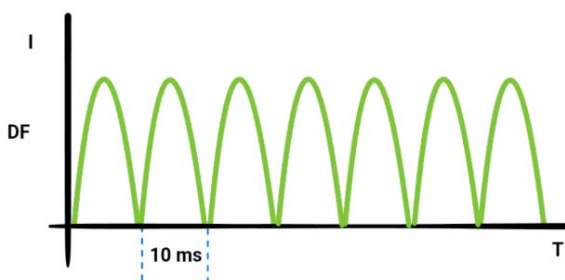


Ilustración 24. Gráfica de corriente difásica fija

### Cortos periodos

Esta corriente consiste en pulsos senoidales monofásicos que alterna periodos de un segundo en los que aplica corriente monofásica fija

intercalado de otro periodo de un segundo de corriente difásica fija. Posee un componente galvánico del 50% (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 25.

Está indicado en dolor crónico, radiculopatías y reabsorción de hematomas y edemas.

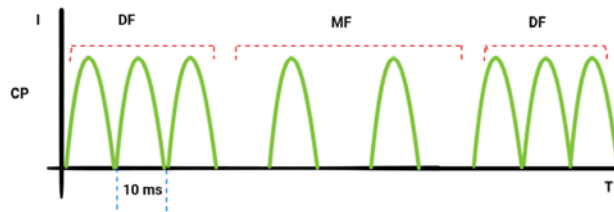


Ilustración 25. Gráfica de corriente de cortos periodos

### Largos periodos

Esta corriente consiste en pulsos senoidales monofásicos que alterna periodos de 10 segundos en los que se aplica corriente monofásica fija intercalado de otro periodo de 10 segundos de corriente bifásica fija. El componente galvánico oscila entre 40 y 45% (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 26.

Tiene las mismas indicaciones que las corrientes de cortos periodos, pero es específica para el dolor agudo.

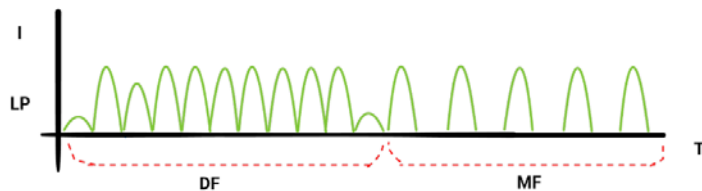


Ilustración 26. Gráfica de corriente de largos periodos

### Ritmo sincopado

Esta corriente consiste en pulsos senoidales monofásicos que trabaja en intervalos de un segundo, alternando periodos de la forma monofásica fija con periodos de pausa. Véase Ilustración 27. Estos impulsos pueden regularse y tienen un componente galvánico del 16%, siendo el más idóneo de los subgrupos de corriente diadinámica que

puede emplearse para respuesta motora sin llegar a la tetanización (Rodríguez Martín, 2014).

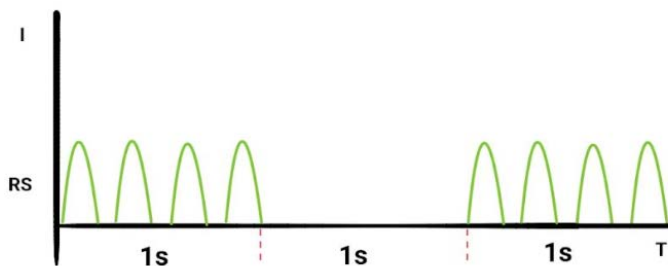


Ilustración 27. Gráfica de corriente de ritmo sincopado



Vídeo 8. Corrientes diadinámicas

## TENS

La aplicación de corrientes TENS, al igual que las corrientes diadinámicas y las corrientes de Träbert, consiste en la estimulación eléctrica transcutánea de los nervios. Se emplean pulsos rectangulares bifásico asimétricos, con una duración del pulso entre 0,01 y 0,5 ms y con una frecuencia entre 1 y 140 Hz. Las técnicas de aplicación más conocidas son las de frecuencia alta e intensidad baja, frecuencia baja e intensidad alta, la aplicación breve e intensa y la aplicación por trenes de impulso. Véase Tabla 1.

Para una aplicación de frecuencia alta e intensidad baja se emplean frecuencias entre 80 y 120 Hz, con una intensidad leve, provocando sensación de cosquilleo agradable, sin producir contracción muscular. La acción analgésica de esta aplicación se explica por la teoría de la puerta de control (gate control), que consiste en la estimulación de las fibras A-beta por TENS, pues convergen en las células T de la médula espinal junto con las fibras tipo C. Por ello, la señal dolorosa se bloquea al haber mayor aferencia de fibras A-beta que de fibras C. Esto

convierte este programa en una útil herramienta para el tratamiento de dolor agudo (Perez Rodriguez, 2012).

En la aplicación de frecuencia baja e intensidad alta, se emplean frecuencias entre 1 y 10 Hz, con una intensidad elevada, provocando la contracción muscular. La acción analgésica de esta aplicación se debe a la teoría de la liberación de endorfinas, por la cual la estimulación mediante TENS de estas características aumenta la producción de opioides endógenos. Este programa se emplea para el tratamiento de dolor crónico, y puede aplicarse en trenes de impulso (Perez Rodriguez, 2012).

La aplicación de corrientes TENS por trenes de impulso consiste en la emisión de entre 1 y 7 trenes, con una frecuencia de 100 Hz por cada tren, provocando la contracción muscular. Su vía de analgesia combina la teoría de la puerta de control y la teoría de liberación de endorfinas.

La aplicación breve e intensa consiste en corrientes entre 80 y 180 Hz, con una anchura de pulso entre 50 y 400 ms y una intensidad de alrededor de 200 mA.

Modalidad de TENS	Anchura pulso o duración fase	Frecuencia	Intensidad	Tiempo de aplicación	Vía de analgesia
HIGH – ALTA FRECUENCIA	50 – 200 ms	80 – 100 Hz (o más)	Sin contracción muscular	30 – 40 minutos, o incluso horas	Gate control (DOLOR AGUDO)
LOW – BAJA FRECUENCIA (ENDORFÍNICO -> más duradero)	>200 ms	1 – 10 Hz	Sí existe contracción muscular	20 – 30 minutos	Liberación de endorfinas (DOLOR CRÓNICO)
BURST, DE IMPULSOS, TRENES O RÁFAGAS	Entre 1 y 7 trenes de una duración de 70 – 100 ms	Cada tren tiene una frecuencia de 100 Hz	Sí existe contracción muscular	20 – 30 minutos	Gate control y liberación de endorfinas
GENERAL (Breve e intenso)	50 – 400 ms	80 a 180 Hz	1 – 200 mA	15 minutos	

Tabla 1. Tipos de aplicación de TENS

El TENS está indicado en dolor postraumático, dolor posquirúrgico y parto, dolor musculoesquelético y articular, dolor asociado a

patología insercional, dolor del miembro fantasma y dolor neuropático y neurológico.

Por otro lado, el TENS está contraindicado en pacientes con marcapasos, enfermedad cardíaca o arritmias, dolor sin diagnosticar, epilepsia, los primeros tres meses de embarazo, en parte anterior del cuello, cerca de los ojos o la boca, sobre piel anestesiada o lesionada (Perez Rodriguez, 2012).

También se desaconseja en fracturas, procesos inflamatorios agudos o infecciones, flebitis o tromboflebitis y en pacientes con riesgo de hemorragia.



*Vídeo 9. TENS de alta frecuencia*



*Vídeo 10. TENS de baja frecuencia*



*Vídeo 11. TENS de impulsos, trenes o ráfagas*



*Vídeo 12. TENS breve e intenso*

### *Metodología de aplicación*

Existen distintas modalidades de aplicación en corrientes con fines analgésicos:

- Aplicación sobre el punto de dolor, donde se aplica el cátodo en la zona dolorosa y el ánodo en un punto próximo.
- Aplicación sobre el nervio o dermatoma doloroso, donde el cátodo se sitúa distal al ánodo
- Aplicación segmental, en la que el tratamiento se realiza sobre un segmento de piel, el cátodo se sitúa distal y el ánodo sobre la zona a tratar.
- Aplicación transregional, en la que los electrodos se colocan a ambos lados de la zona a tratar.
- Aplicación vasotrópica, en desórdenes circulatorios periféricos el cátodo se sitúa distal respecto al ánodo.
- Aplicación miogénica, para tejido muscular, donde el cátodo se sitúa en la zona dolorosa (Perez Rodriguez, 2012).

Para obtener la mayor respuesta posible, tanto en electroestimulación sensitiva y motora, los electrodos se colocarán en puntos motores, que son zonas en las que un ramo motor o alguna de sus ramificaciones penetra en el músculo o en la piel para inervarlo (Torres et al., 2018). Estos puntos motores pueden variar por las características morfológicas individuales, por lo que para localizarlos emplearemos un electrodo puntual (pointer) hasta encontrar dicha zona de unión neuromuscular (Rodríguez Martín, 2014).



*Vídeo 13. Búsqueda de puntos motores con electrodo puntual*

## **Corrientes para la estimulación neuromuscular**

Consiste en la aplicación de estímulos eléctricos, de adecuado potencial, para provocar la excitación de las fibras eferentes A-alfa, generando contracciones musculares involuntarias. Esto se debe a la capacidad para producir potenciales de acción similares a los generados por el sistema nervioso (Rodríguez Martín, 2014).

La aplicación de estas corrientes se realiza tanto en músculos normoinervados como en músculos denervados. La fibra normal responde a impulsos cortos y de baja intensidad, tardan poco en repolarizarse (entre 10 y 30 ms), se acomoda fácilmente, responde mejor al impulso cuadrangular que al triangular y se podrá conseguir contracciones mantenidas durante unos segundos con trenes de impulsos.

<b>Zona muscular</b>	<b>Cronaxia (microsegundos)</b>
<b>Pierna</b>	400
<b>Muslo</b>	350
<b>Abdomen</b>	300
<b>Tórax</b>	250
<b>Antebrazo</b>	200
<b>Brazo</b>	150

*Tabla 2. Cronaxia según región anatómica*

La cronaxia, esencial en electroterapia para estimular el músculo, es el tiempo mínimo de impulso eléctrico necesario para lograr una contracción. La cronaxia para el cuádriceps es en torno a 350 microsegundos. Véase Vídeo 14.

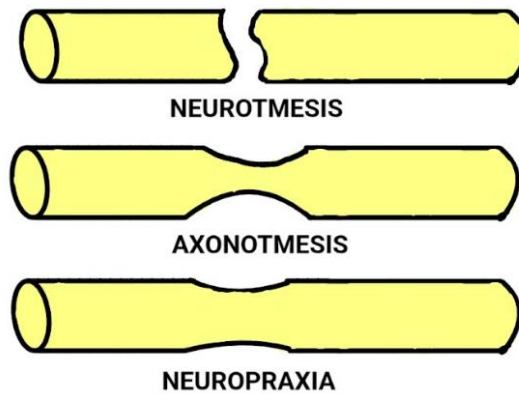
La fibra denervada requiere impulsos largos de mayor intensidad, la membrana tarda mucho en repolarizarse (hasta 2, 3 o 4 segundos), pierde la capacidad de acomodación, responde de manera similar a impulsos cuadrangulares y triangulares y se trabajará la musculatura con pulsos aislados al no permitir la contracción mantenida de la fibra.

### **Músculo denervado**

Cuando un nervio periférico pierde el control motor de un músculo comienza la degeneración y atrofia nerviosa. Si esta lesión es temporal,

el nervio volverá a inervar al músculo, pero puede que la atrofia muscular y la degeneración en la placa motora no permitan al músculo retomar su función. Por ello, los objetivos al aplicar electroestimulación son mantener la contractilidad muscular, evitar la atrofia por desuso, favorecer el efecto bomba muscular y evitar fibrosis y adherencias.

Dependiendo de la afectación nerviosa, nos enfrentaremos ante una neurotmesis, axonotmesis o neuropraxia. La neurotmesis consiste en la sección del nervio y es la de peor pronóstico, con posibilidades de recuperación casi nulas, salvo en las que se interviene mediante microcirugía. La axonotmesis se produce por aplastamiento o elongación neural y tiene mejor pronóstico, ya que conserva el tronco y el perineuro del axón. La neuropraxia consiste en la interrupción de la conducción nerviosa, pero sin lesión anatómica, por lo que es la lesión que mejor pronóstico de recuperación tiene (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 28.

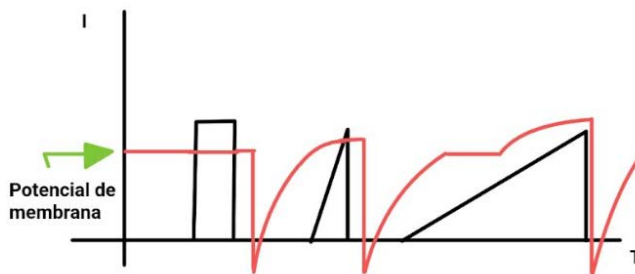


*Ilustración 28. Tipos de lesión nerviosa*

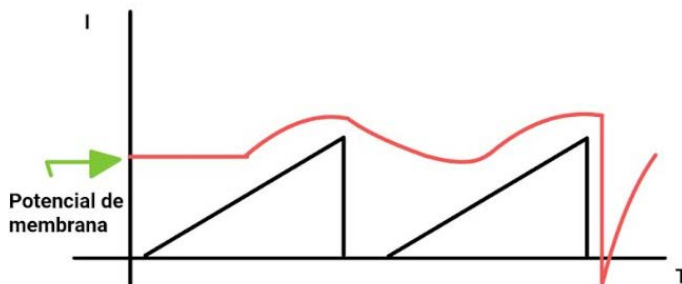
Las gráficas intensidad-tiempo (I/T) y las gráficas acomodación-tiempo (A/T) van a ser de gran utilidad para este tipo de aplicación, pues aportarán los pulsos necesarios para el tratamiento. Para ello, se deberá conocer el proceso patológico, la forma de pulso ideal, la separación entre impulsos y el estado y capacidad de acomodación de las fibras musculares y nerviosas.

El impulso neuromuscular estará alterado cuando la intensidad y la amplitud para conseguir la despolarización de la membrana celular sea mayor. Por tanto, la anchura del impulso será mayor, el tiempo de repolarización se enlentecerá y se perderá capacidad de acomodación.

Los impulsos de subida rápida producen contracción muscular porque la fibra es sorprendida por dicho estímulo y no es capaz de acomodarse. Esto ocurre con pulsos cuadrangulares y con pulsos triangulares de rápida progresión. En cambio, si la subida del pulso es lenta o progresiva, habrá una reacción por parte de la fibra elevando el umbral y evitando la contracción muscular, consiguiendo la acomodación. Asimismo, cuando los pulsos son de subida progresiva y larga duración la fibra se acomoda, pero para ello ha aumentado tanto el voltaje que cuando se retira el estímulo eléctrico de manera brusca se crea un desequilibrio que produce una respuesta motora (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 29 e Ilustración 30.



*Ilustración 29. Respuesta del potencial de membrana antes pulsos cuadrangulares, triangulares de subida rápida y triangulares de subida progresiva (fibra sana)*



*Ilustración 30. Fenómeno de acomodación (fibra sana)*

Referente a las gráficas, se muestra la intensidad del pulso en el eje de ordenada, hasta 80 miliamperios, y el tiempo de duración de los impulsos aplicados el eje de abscisas, desde 0,05 ms a 1000 ms. En la misma gráfica se pueden presentar ambas curvas.

En la curva I/T se aplican corrientes con pulsos cuadrangulares. Cuando la duración de un impulso disminuye, aumenta la intensidad para conseguir la misma respuesta. Esto ocurre hasta cierto tiempo, pues en tiempos largos se conseguirá igual respuesta para mismas intensidades.

Para la obtención de la curva I/T, se comienza aplicando impulsos cuadrangulares de 1000 ms de duración, con un espacio entre 1 y 3 segundos entre ellos. La intensidad se irá subiendo lentamente y cuando alcance la mínima contracción muscular, se anotará la intensidad que marque el miliamperímetro, para posteriormente trasladarla a la gráfica. Este mismo proceso irá repitiendo disminuyendo la duración del pulso, por lo que la gráfica se irá construyendo de derecha a izquierda. Finalmente, se unen todos los puntos marcados y se obtiene la gráfica I/T. Esta exploración puede realizarse sobre la placa motora, el nervio o el músculo (Rodríguez Martín, 2014).

Los principales parámetros de la curva I/T son la reobase, la cronaxia, el tiempo útil muscular, el umbral farádico y el tiempo útil nervioso. Véase Ilustración 32.

La reobase es la intensidad mínima con la que se consigue la contracción muscular. La rama reobásica consiste en el tramo entre el tiempo útil muscular hasta su final en el eje vertical por la derecha, correspondiente a 1000 ms, en la reobase.

La cronaxia es el tiempo de pulso correspondiente al doble de la reobase. Por tanto, para hallarlo se calcula el doble de la reobase y se busca en la curva el valor de tiempo que corresponde a esa intensidad. La rama cronáxica corresponde al tramo entre el tiempo útil muscular hasta su final en el eje vertical por la izquierda, correspondiente a 0,05 ms (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 31.

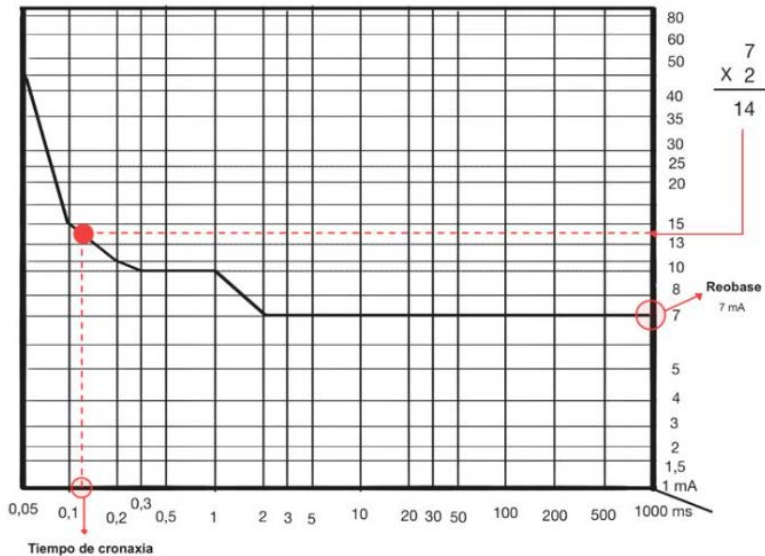


Ilustración 31. Cálculo del tiempo de cronaxia

El tiempo o punto útil muscular es el tiempo que corresponde al punto en el que la curva comienza a ascender. Sus valores normales rondan entre 1 y 10 ms e indica el tiempo de impulso ideal para tratar la fibra muscular.

El umbral farádico consiste en el tiempo de pulso que corresponde a la intensidad mínima para provocar una contracción, localizado en el escalón. Los valores normales están entre 1 y 2 ms. Este parámetro también aparece en la curva A/T.

El tiempo o punto útil nervioso es el tiempo que corresponde al punto donde la curva vuelve a ascender tras el escalón. Los valores normales están entre 0,1 y 1 ms.

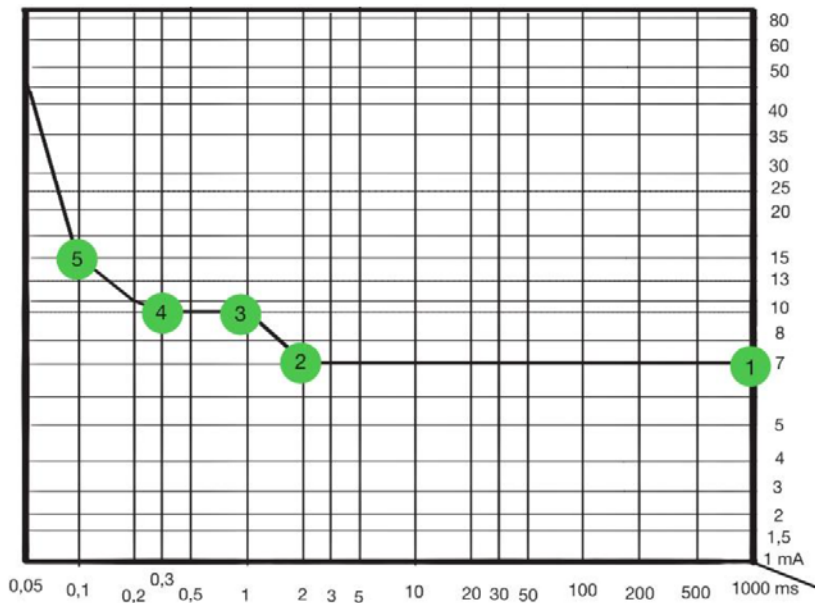


Ilustración 32. 1) Rebase 2) Punto útil muscular 3) Umbral de faradización 4) Punto útil nervioso 5) Tiempo de cronaxia

En la curva A/T se aplican corrientes con pulsos triangulares. Cuando la duración de los impulsos disminuye, también aumenta la intensidad para conseguir la misma respuesta, pero cuando los tiempos de impulso aumentan a partir de la respuesta más baja, las intensidades van aumentando por la aparición del fenómeno de acomodación.

La curva A/T se representa en la misma gráfica que la curva I/T y se realiza siguiendo el mismo procedimiento, aplicando impulsos triangulares de subida progresiva y bajada brusca en lugar de impulsos cuadrangulares. Debido a esta subida gradual se producirá el efecto de acomodación, mientras que los pulsos cuadrangulares no la producen al alcanzar su intensidad máxima de forma instantánea.

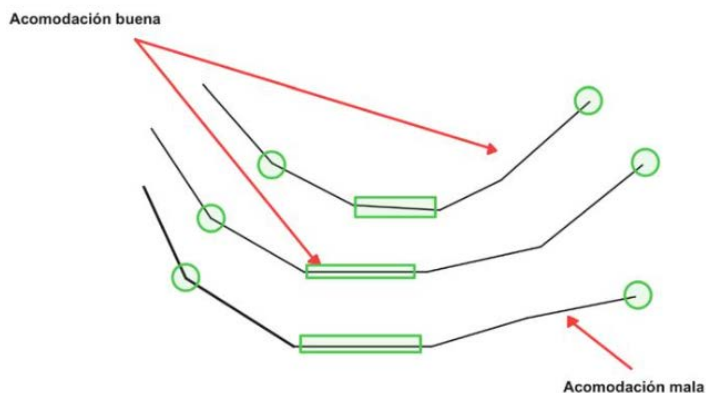
Los principales parámetros de la curva A/T son el umbral gálvano tétano (UGT), el ángulo de deflexión, el umbral farádico, la zona triangular de respuesta y el índice de acomodación (Rodríguez Martín, 2014).

El UGT es el punto de la curva A/T situado en la vertical de la rebase.

El ángulo de deflexión es el tiempo que corresponde al punto o valle en el que la curva termina de descender. Suele estar entre 10 y 50 ms, pero si está desplazado hacia la derecha indicará afectación. A veces puede aparecer desplazado hacia la izquierda, entre 5 y 10 ms, frecuente en deportistas con gran proporción de fibra rápida. Por el contrario, si el ángulo está desplazado a la derecha, mayor de 50 ms, indica fibra atrófica y lenta que necesita tratamiento y entrenamiento.

El umbral de faradización es la intensidad necesaria para provocar una respuesta motora con un impulso entre 1 y 2 ms.

La rama de acomodación anódica es el tramo de curva que va desde el UGT hasta el ángulo de deflexión y está caracterizada por su ángulo de inclinación. Indica el grado de acomodación de la fibra nerviosa (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 33.



*Ilustración 33. Tipos de ramas de acomodación anódica*

La zona de respuesta triangular es el área superior a la curva, por lo que garantiza que cualquier punto de esta zona provocará respuesta motora. Véase Ilustración 34.

El índice de acomodación es el cociente entre el UGT y la reobase. Si dicho valor es menor que 2; se ha producido una pérdida de acomodación, si está entre 2 y 3; se ha producido una pérdida parcial de acomodación, si está entre 3 y 5; la acomodación será normal, y si

es mayor que 7 habrá una hiperexcitabilidad a la acomodación. Véase Ilustración 34.

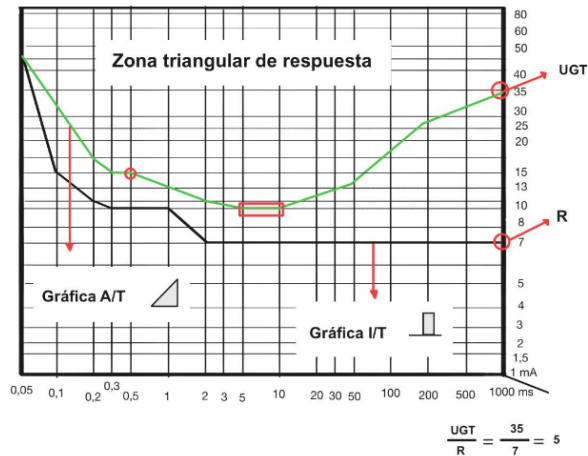


Ilustración 34. Zona triangular de respuesta y cálculo del índice de acomodación

Cuando existe proceso patológico, la gráfica A/T se desplazará hacia arriba y hacia la derecha, pues serán necesarios estímulos de alta intensidad y pulsos prolongados para conseguir respuesta motora.

Si superponemos la curva A/T de una fibra sana junto a una curva A/T de una fibra denervada, estas se cruzarán, formando un área con forma triangular entre las dos curvas y el eje vertical por la derecha. Se trata del triángulo de utilidad terapéutica, una zona de respuesta selectiva para la fibra denervada, donde podremos apreciar la duración del pulso y la intensidad necesaria para lograr la estimulación selectiva de los músculos denervados, pues las fibras sanas se acomodarán ante estos estímulos que solo provocarán respuesta motora en fibras denervadas (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 35.

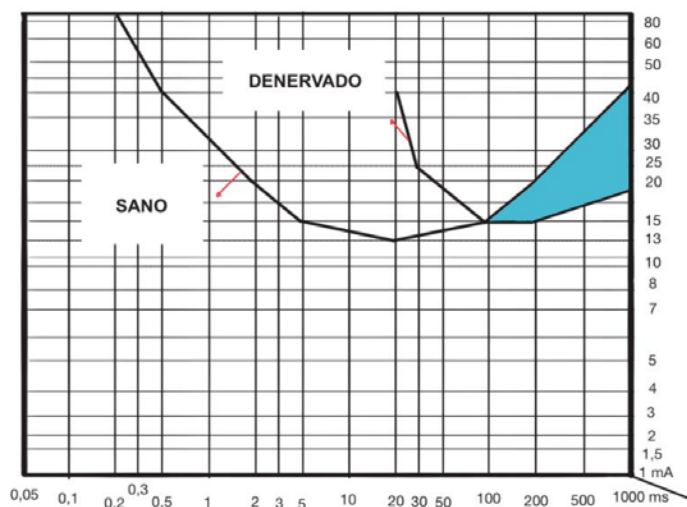


Ilustración 35. Triángulo de utilidad terapéutica

### *Músculo normoinervado*

Cuando la fibra está sana pueden aplicarse impulsos para provocar respuestas motoras mediante ráfagas o trenes de impulso, con tiempos de reposo entre cada pulso dentro del tren. Esto se denominó faradización, pues se comenzó aplicando con corrientes farádicas.

Se aplican trenes de impulso con pausas entre ellos por razones fisiológicas, pues con la consecución de pulsos dentro de un tren conseguimos una contracción sostenida durante unos segundos y la pausa tras el tren sirve como descanso, permitiendo la recuperación metabólica y manteniendo la calidad de la contracción.

La respuesta provocada puede ir desde ligeras contracciones musculares hasta fuertes contracciones con riesgo de romper la fibra muscular, por lo que se deberá adaptar al objetivo de cada paciente (Rodríguez Martín, 2014).

Si aumentamos la frecuencia de estimulación, llegará un punto en el que los estímulos serán transmitidos de forma tan continua que el músculo no tendrá tiempo de realizar la fase de reposo, por lo que la contracción se hará continua. Esto se denomina tetanización (Beraldo, 1968).

Este tipo de corrientes son de baja frecuencia, aunque pueden producirse también por corrientes de media frecuencia. Los trenes están formados por pulsos triangulares o cuadrangulares. Además, los trenes se aplican durante unos segundos (entre 0,5 y 30 segundos) seguidos de pausas que también duran segundos (entre 0,5 y 60 segundos). La relación entre el tiempo de contracción y la pausa la ajustaremos según el objetivo. Estos trenes suelen tener una rampa de implantación, que será mayor en trenes largos y más brusca en trenes de corta duración, con el objetivo de evitar desequilibrios importantes en la tensión de la fibra muscular que puedan provocar su rotura. Véase Ilustración 36.

Actualmente, para este tipo de aplicación, pueden emplearse trenes de corriente farádica, trenes de alto voltaje o trenes de media frecuencia o de Kotz (Rodríguez Martín, 2014). Véase Tabla 3.

	Farádicas	Alto voltaje
<b>Frecuencia</b>	Baja frecuencia	Baja frecuencia
<b>Corriente</b>	Monofásica o bifásica	Monofásica o bifásica
<b>Valor de la frecuencia</b>	No suele aportarse	Entre 10 y 100 Hz
<b>Forma del pulso</b>	Triangulares y cuadrangulares	Cuadrangulares
<b>Duración del pulso</b>	Entre 0,1 y 10 ms	No superan los 0,5 ms

*Tabla 3. Comparativa entre corrientes farádicas y de alto voltaje*

El reposo entre cada pulso dentro de un tren debe ser mayor que el tiempo que dura dicho pulso. Asimismo, el tiempo de pausa entre trenes de impulso debe ser mayor que la duración del tren.

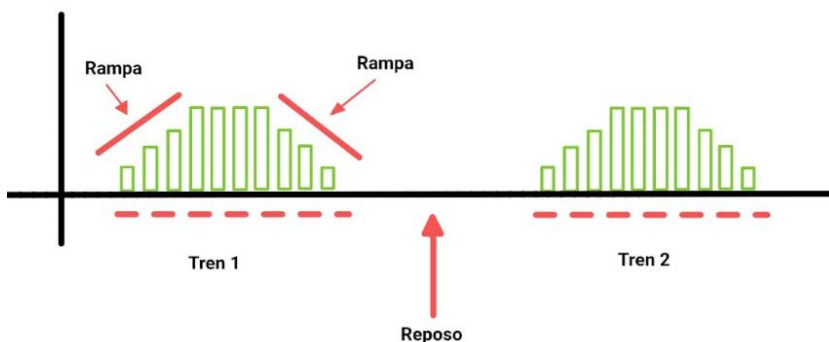


Ilustración 36. Gráfica esquemática de corrientes que provocan respuesta motora

### Corrientes farádicas

Las corrientes farádicas no trabajan directamente con frecuencias, pero pueden calcularse a partir de sus otros parámetros. Para calcularla es necesario conocer la duración del periodo; es decir, la suma del tiempo de un pulso y la duración de reposo. Luego, se divide este periodo entre 1000 ms, que es la duración del tren, y el valor resultante es la frecuencia, en hercios, con la que se trabaja (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 37.

$$\text{Hz} = \frac{1000 \text{ ms}}{\text{Duración pulso (ms)} + \text{Duración pausa (ms)}}$$

Ilustración 37. Cálculo de los hercios de una corriente farádica, conociendo la duración del pulso y de la pausa

Además, para seleccionar el mejor tiempo de impulso se emplea la curva I/T, empleando el punto útil muscular si se desea estimular la fibra muscular, el punto útil nervioso si se quiere estimular el nervio motor o el umbral de faradización si se quiere estimular ambos. Véase Ilustración 38.

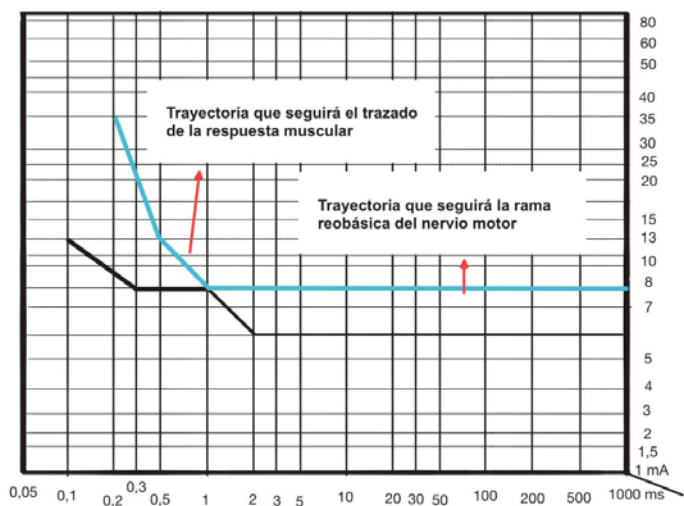


Ilustración 38. Trayectoria de la respuesta muscular y nerviosa

Las aplicaciones de estas corrientes son relajación muscular, analgesia con faradización, tonificación muscular (en músculos atrofiados o inhibidos, pero sin denervación), potenciación muscular, bombeo circulatorio y alargamiento muscular (Rodríguez Martín, 2014).

### Trenes de alto voltaje

Estas corrientes reciben dicho nombre debido a que se emplea una duración de pulso muy corta, entre 0,1 y 0,5 ms, por lo que se debe aplicar una alta intensidad para conseguir el efecto motor. Además, la corta duración de los pulsos hace que solo lleguen al punto útil nervioso y a la cronaxia, por lo que se les denomina corrientes de neuroestimulación. Esta característica es fundamental, pues si la fibra nerviosa es patológica (véase Ilustración 40), al desplazarse hacia la derecha en la gráfica, este tipo de corriente no conseguirá respuesta motora. Por tanto, en estos casos se deberá usar corrientes farádicas con tiempos de pulso modulables (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 39.

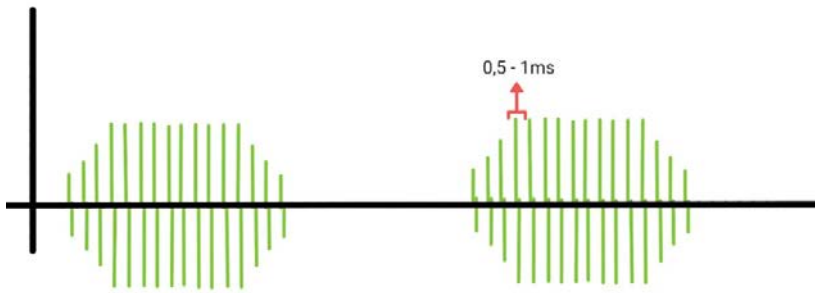


Ilustración 39. Gráfica de trenes de alto voltaje

Se aplican de forma bifásica consecutiva, con impulsos cuadrangulares, pero pueden aplicarse de forma monopolar.

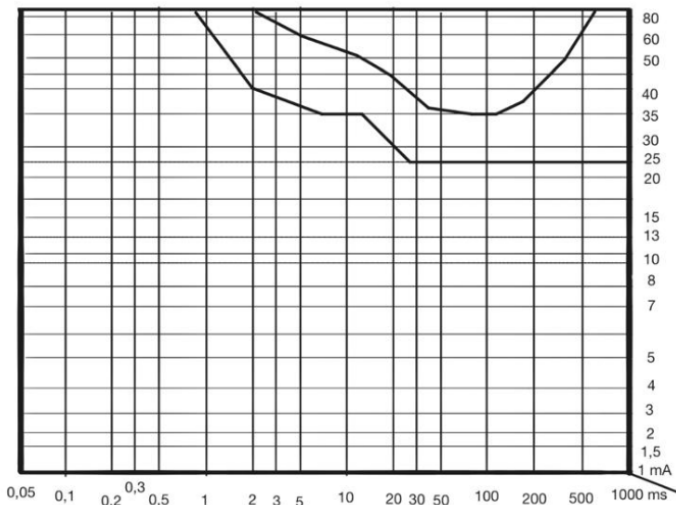


Ilustración 40. Curva I/T y A/T de una fibra denervada

### Indicaciones

Las corrientes de electroestimulación para el músculo denervado están indicadas para afecciones del sistema nervioso periférico que comprometan al tejido muscular.

Las corrientes de electroestimulación para el músculo normoinervado están indicadas para atrofia por desuso o inmovilización prolongada, tonificación muscular, espasmos y contracturas musculares, mejora de la resistencia a la fatiga, mejora de la propiocepción y estabilidad

articular, potenciación y elongación muscular e incontinencia urinaria (mediante el fortalecimiento de la musculatura del suelo pélvico) (Rodríguez Martín, 2014).

La relajación muscular con este tipo de corrientes se consigue con trenes de intensidad moderada, consiguiendo un buen efecto motor. Para ello se aplicarán trenes y pausas de igual duración, entre 0,5 y 2 segundos. Se empleará para mejorar la propiocepción y el tono muscular cuando haya periodos de inmovilización. Se recomienda emplear una frecuencia entre 1 y 5 Hz para conseguir el efecto de la relajación muscular, como se indica en la Tabla 5.

La tonificación consiste en trabajar la musculatura atrofiada, inhibida o desentrenada. El objetivo es facilitar al paciente la respuesta motora, que se alcanza con dificultad de forma autónoma, por lo que será de gran ayuda en inmovilizaciones prolongadas o impotencia funcional mantenida (Rodríguez Martín, 2014).

La elongación consiste en aumentar la extensibilidad de los componentes activos del músculo. Para ello se aplicarán frecuencias de unos 150 Hz, con trenes y pausas de corta duración, de 0,5 a 2 segundos. Este estímulo se acompañará con el estiramiento del músculo hasta su primera resistencia. A medida que avanza el tiempo de aplicación, la resistencia irá cediendo hasta alcanzar el punto máximo de elongación, donde no avanzará más.

La potenciación consiste en aplicar la corriente mientras el paciente realiza una actividad motora voluntaria contra una resistencia, mejorando el reclutamiento muscular. Esta aplicación eléctrica se realizará una vez se produzca la contracción. Debido a que se potencia el acortamiento muscular, es interesante combinar esta técnica con la de elongación (Rodríguez Martín, 2014).

Por ejemplo, para el fortalecimiento o potenciación del cuádriceps, músculo en el que predominan las fibras rápidas, se empleará una frecuencia alrededor de 80 Hz. Las frecuencias de cada aplicación están representadas en Tabla 5.

### Metodología de aplicación

Las corrientes farádicas pueden aplicarse de forma monopolar mediante un electrodo activo de pequeño tamaño que se coloca sobre el punto motor del músculo que queremos estimular, y un electrodo indiferente de mayor tamaño situado en una zona proximal del mismo grupo muscular, pero pueden aplicarse de forma bipolar.

Las corrientes de alto voltaje emplean un electrodo activo que se sitúa directamente sobre la zona a tratar (punto doloroso, área de edema o herida) y un electrodo indiferente de mayor tamaño colocado en una región proximal o en el trayecto del nervio correspondiente.

El tiempo de la sesión debe durar lo suficiente para que el paciente consiga los beneficios del tratamiento, pero no debe excederse, pues puede obtenga efectos indeseados. Asimismo, no existe un consenso de los parámetros idóneos para este tipo de técnicas, por lo que la selección de estas variables estará orientada por la experiencia clínica de fisioterapeuta hasta que evidencia sólida confirme los parámetros óptimos (Wu et al., 2022; Xu et al., 2024). Es por ello que las siguientes tablas de frecuencia y pulso contienen rangos orientativos sobre la aplicación de estas corrientes (Rodríguez Martín, 2014). Véase Tabla 4 y Tabla 5.

		Fibra lenta	Fibra media	Fibra rápida	Nervio motor
<b>Farádica</b>	Pulso	3-5 ms	1-3 ms	0,5-1 ms	0,3-0,5 ms
	Reposo	20-30 ms	15-20 ms	12-15 ms	10-12 ms
<b>Alto voltaje</b>	Pulso	0,3-0,5 ms	0,3-0,5 ms	0,3-0,5 ms	0,3-0,5 ms
	Frecuencia	40-50 Hz	50-65 Hz	65-80 Hz	80-100 Hz

Tabla 4. Tiempo de reposo y duración del pulso en función del tipo de fibra

EFFECTO	FRECUENCIA
Relajación muscular	1-5 Hz
Estimulación circulatoria	5-10 Hz
Calentamiento	3 Hz
Tonificación muscular	20-35 Hz
Fortalecimiento de fibras lentas	20-40 Hz
Fortalecimiento de fibras rápidas	60-100 Hz
Recuperación muscular tras esfuerzo	1-10 Hz

*Tabla 5. Efectos de la estimulación neuromuscular de baja frecuencia según los hercios*



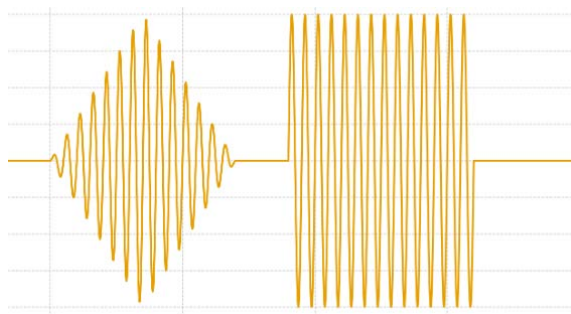
*Vídeo 14. Estimulación neuromuscular de baja frecuencia en cuádriceps*

## Tema 7: Electroterapia con corrientes de media frecuencia

### *Características*

Las corrientes de media frecuencia son aquellas que tienen una frecuencia entre 1000 y 500.000 Hz, aunque en la práctica solo se emplean desde 2.000 hasta 10.000 Hz.

La aplicación de estas corrientes no se realiza directamente, sino que se modulan para simular y potenciar los efectos de las corrientes de baja frecuencia. El funcionamiento de estas corrientes se basa en un principio ingenioso de interferencia o modulación. Esto consiste en modular las corrientes de media frecuencia para generar una corriente de baja frecuencia, llamada corriente modulada. Es precisamente esta frecuencia la que produce el efecto terapéutico. Véase Ilustración 41.



*Ilustración 41. Corrientes de media frecuencia de modulación triangular y rectangular*

Las corrientes moduladas se pueden modular en amplitud únicamente o en amplitud y frecuencia. La modulación en amplitud (AM) consiste en la variación periódica de la amplitud de una corriente portadora de media frecuencia, manteniendo constante su frecuencia base, solo produciendo cambios verticales. La modulación en amplitud y frecuencia (AMF) representa un modo de aplicación dinámico en el que la frecuencia no permanece constante, sino que varía continuamente dentro de un rango establecido, produciendo cambios en vertical y horizontal. Además, a este tipo de modulaciones se pueden añadir tiempos de pausas, idóneos para estimulación

neuromuscular, permitiendo la recuperación metabólica muscular. Véase Ilustración 42.

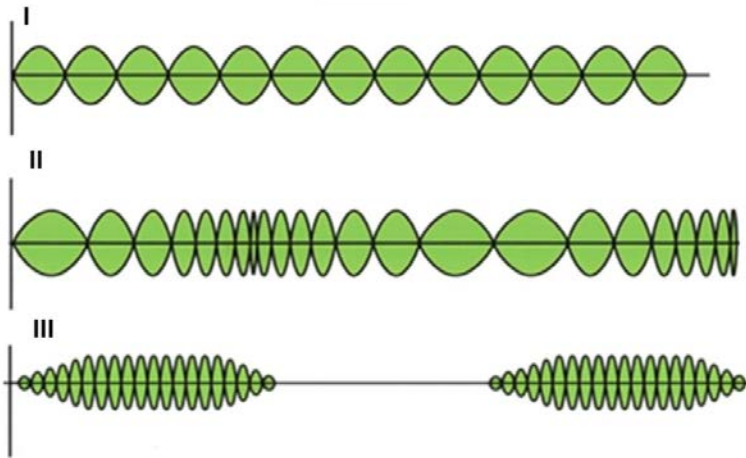


Ilustración 42. I) Modulación en AM II) Modulación en AMF III) Modulación en trenes

Este tipo de corriente actúa sobre la fibra muscular lisa y estriada, vasos sanguíneos y linfáticos, intestinos, tejido conjuntivo, articulaciones, tejido nervioso, disoluciones orgánicas y en la piel.

La gran ventaja de utilizar frecuencias altas radica en que la piel opone mucha menos resistencia al paso de estas corrientes, es decir, tienen menor impedancia cutánea. Esto permite que las corrientes penetren profundamente en los tejidos sin dispersarse y sin causar las molestias típicas de otras formas de electroterapia. Además, la cantidad de cambios de polaridad que se produce por segundo impide que se produzcan efectos polares en los tejidos. Por ello no se producen efectos electroquímicos que podrían irritar la piel, lo que hace el tratamiento mucho más cómodo y tolerable para el paciente. Sin embargo, para que estos efectos electroquímicos predominen es necesario aplicar frecuencias a partir de 7000 Hz.

Por tanto, al permitir la aplicación de intensidades más elevadas sin causar incomodidad significativa al paciente, logramos desencadenar respuestas fisiológicas como la activación del metabolismo celular, licuefacción, vasodilatación y optimización de la nutrición tisular, todo

ello sin activar los receptores sensibles a la temperatura (Rodríguez Martín, 2014).

### ***Clasificación***

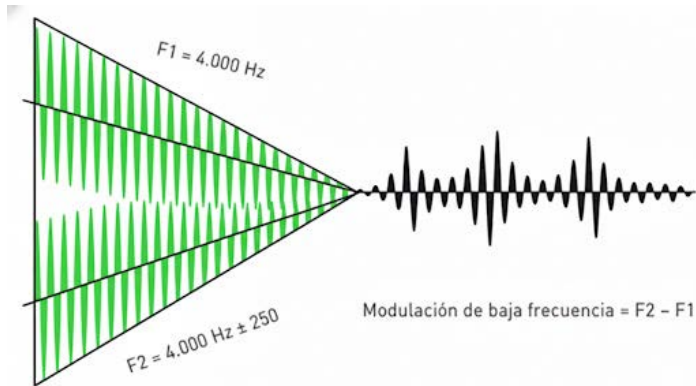
Dentro de las corrientes de media frecuencia, dependiendo del tipo de modulación, distinguimos entre modulación sinusoidal, cuadrangular y triangular. La modulación sinusoidal se emplea en corrientes interferenciales, la modulación cuadrangular en corrientes de Kotz y la modulación triangular en denervaciones periféricas (Rodríguez Martín, 2014).

#### ***Corrientes interferenciales***

Las corrientes interferenciales consisten en dos corrientes portadoras sinusoidales de unos 4000 Hz que interfieren entre sí. Estas dos corrientes tienen una diferencia de frecuencia de alrededor de 250 Hz. Esa diferencia será la frecuencia de la corriente interferencial resultante. Véase Ilustración 43.

Los efectos fisiológicos de estas corrientes son los mismos efectos sensitivos, motores y energéticos que los de la baja frecuencia, pero sin los efectos galvánicos. Al aumentar la frecuencia de las corrientes portadoras conseguimos una mayor penetración, pero la frecuencia de la corriente modulada será la que determine los efectos de la corriente (Rodríguez Martín, 2014).

Por tanto, debemos recordar la aplicación de las frecuencias de las corrientes de baja frecuencia, para modular las corrientes portadoras y conseguir efectos similares, con una menor molestia.



*Ilustración 43. Combinación de dos corrientes portadoras,  $F1$  y  $F2$ , para formar corriente interferencial*



*Vídeo 15. Corrientes interferenciales para dolor agudo*



*Vídeo 16. Corrientes interferenciales para dolor crónico*

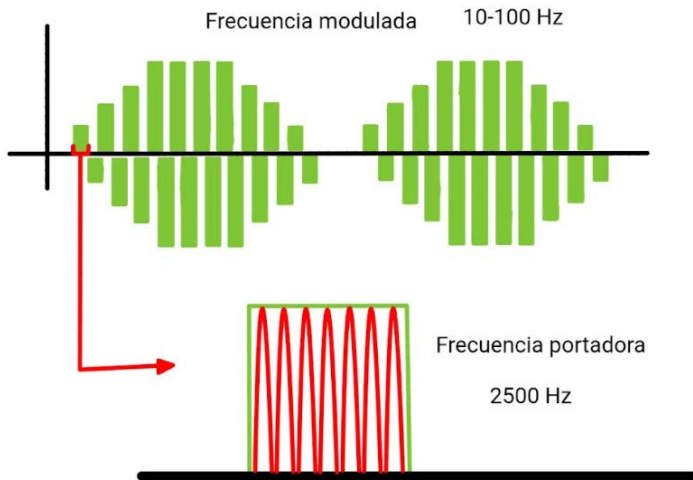
### Trenes de media frecuencia o de Kotz

Las corrientes de Kotz son corrientes de media frecuencia cuya principal aplicación práctica es la estimulación neuromuscular.

Estas corrientes están formadas por una corriente portadora senoidal de media frecuencia de 2500 Hz que se interrumpe y modula para conseguir corrientes cuadrangulares de baja frecuencia, de entre 10 y 100 Hz, con un tiempo de reposo alrededor de 2 y 10 ms. Es decir, la corriente de baja frecuencia obtenida está formada por la modulación en amplitud y frecuencia de una sola corriente de media frecuencia,

añadiendo tiempos de pausa para una aplicación por trenes. Véase Ilustración 44.

El principal objetivo de estas corrientes es la potenciación muscular, por su escasa molestia, su capacidad para aplicar grandes intensidades y su poder de penetración profunda. Además, no tienen polaridad (Rodríguez Martín, 2014).



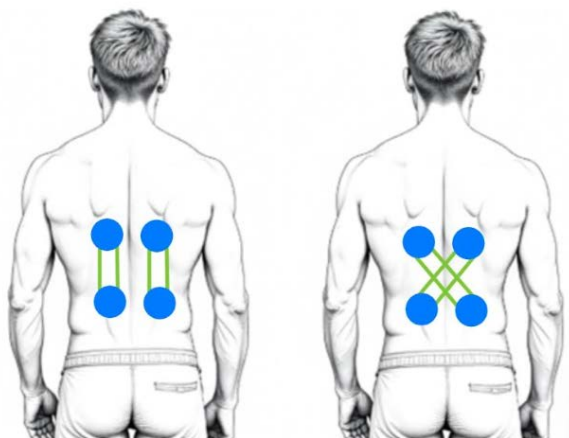
*Ilustración 44. Gráfica de corriente de Kotz y vista ampliada en uno de los pulsos, donde se aprecia su composición por pulsos senoidales de mayor frecuencia*



*Vídeo 17. Corrientes de Kotz*

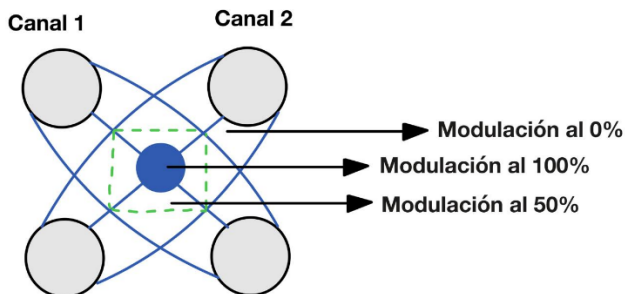
### **Metodología de aplicación**

Estas corrientes se pueden aplicar de forma tetrapolar, formándose la corriente modulada dentro del cuerpo, cruzando dos circuitos, con dos electrodos cada uno. Pero también puede aplicarse de forma bipolar, de manera que la corriente modulada se forma en el aparato, antes de entrar al cuerpo. Véase Ilustración 45.



*Ilustración 45. Aplicación bipolar y tetrapolar*

La aplicación tetrapolar tendrá una mayor penetración al cruzar a las frecuencias portadoras en el interior del cuerpo, pero habrá zonas en las que la modulación no será del 100% y solo se beneficiará de los efectos de la frecuencia portadora. Por otro lado, en la aplicación bipolar la modulación siempre será del 100% al generarse dentro del aparato, pero la penetración será menor. Véase Ilustración 46.



*Ilustración 46. Diferencia de modulación según zonas en aplicación tetrapolar*

Los electrodos pueden ser de distintos tipos: los habituales en baja frecuencia con gamuza humedecida y goma conductora, o ventosas que contienen en su interior la placa metálica, separada de la piel por una esponja humedecida. Véase Ilustración 47.



*Ilustración 47. Electrodos de goma conductora*

Los tiempos y pausas que aplicaremos estarán orientados a simular corrientes de baja frecuencia mediante la modulación de las corrientes de media frecuencia, ya que el principal beneficio que obtendremos será por los efectos de la baja frecuencia.

### ***Indicaciones***

Las corrientes de media frecuencia están indicadas para potenciación muscular, relajación muscular, elongación muscular, bombeo circulatorio, analgesia para dolores de origen químico, mecánico y neurálgico, desbridamientos tisulares, liberaciones articulares, eliminación de derrames articulares, distrofia simpático-refleja, movilización intrínseca e íntima de articulaciones vertebrales y aumento y mejora del trofismo local (Rodríguez Martín, 2014).

### ***Contraindicaciones***

Las corrientes de media frecuencia están contraindicadas en procesos infecciosos, inflamatorios agudos, roturas tisulares si se aplica efecto motor, tromboflebitis, procesos tumorales, zonas de osteosíntesis y endoprótesis, zonas que afecten a la gestación, dispositivos eléctricos o metálicos dentro del cuerpo, zona del sistema nervioso central, cardíaca o de centros neurovegetativos relevantes (Rodríguez Martín, 2014).

El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

## Tema 8: Electroterapia con corrientes de alta frecuencia

### *Características*

Las corrientes de alta frecuencia son aquellas que aplican ondas electromagnéticas con una frecuencia entre 0,5 y 2450 megahercios (MHz). En las corrientes de baja y media frecuencia el aporte energético es moderado, pero en la alta frecuencia su aplicación es más elevada y relevante, pues la principal aplicación de este tipo de corrientes es aplicar energía al organismo para acelerar respuestas metabólicas. Esta energía es absorbida por los tejidos y se convierte en calor, que será mayor en tejidos bien hidratados. Por ello, este tipo de técnicas se denominan diatermia.

La cantidad de energía aplicada, medida en julios o calorías, se calcula mediante la ley de Joule, por lo que va a depender de la intensidad, el tiempo de aplicación y la resistencia de la corriente.

La diatermia puede aplicarse mediante el método del campo condensador, del campo de inducción y del campo de irradiación.

El campo condensador consiste en colocar un miembro entre dos placas metálicas con cargas eléctricas opuestas que se alternan. Esto provoca un efecto electromotriz lineal constante entre las placas. Todo ello inducirá mayor movimiento molecular, lo que se traduce en aumento del calor en los tejidos.

El campo de inducción consiste en colocar el miembro rodeado por una bobina conductora. La disposición espiral de la bobina amplifica el campo magnético alrededor del conductor. Luego, este campo magnético será el que produzca el efecto electromotriz en el tejido, desplazando a los electrones de forma circular, siguiendo el campo magnético.

El campo de irradiación consiste en emitir ondas electromagnéticas desde una antena para que alcancen y penetren en el organismo. Una vez penetran, estas ondas se absorben y se conducen hacia los tejidos

con más carga iónica, donde se transformarán en energía cinética que será la que provoque el efecto térmico (Rodríguez Martín, 2014).

Las corrientes de alta frecuencia de aplicación continua emiten energía electromagnética de forma constante. Si se deja de transmitir, el calor acumulado disminuirá progresivamente en el tejido, y con ello la temperatura. Por tanto, si se emiten estas corrientes de forma interrumpida, con el suficiente tiempo de reposo para que la cantidad de energía entre corrientes disminuya lo necesario para que no se lleguen a estimular las fibras termorreceptoras, se podrá conseguir un efecto atérmico. Esta aplicación se denomina emisión pulsátil o pulsada y también puede generar efecto térmico, regulando el tiempo de reposo para que la energía transmitida sea mayor que la perdida durante la pausa. Las corrientes pulsadas tienen mayor penetración que las continuas (Rodríguez Martín, 2014).

### ***Efectos fisiológicos***

Al aplicar corrientes de alta frecuencia con efecto térmico se producirá un aumento de la temperatura e hiperemia local, licuación del líquido intersticial por extravasación de agua, renovación del líquido intersticial, alcalinización del ambiente biológico de la zona, eliminación de residuos metabólicos, mejora del nivel de polarización celular, diapédesis de elementos de defensa en la zona afecta, licuación de geloides y edemas densos, eliminación de edemas locales por vía linfática y sanguínea, relajación muscular y analgesia de dolores con origen bioquímico.

Además, el organismo debe mantener una temperatura media de 37°C, por lo que al aplicar estímulos térmicos el sistema nervioso autónomo desencadenará mecanismos de termorregulación. Primero se producirá una vasodilatación, seguido de sudoración si la primera medida no ha sido suficiente. Si estas medidas son insuficientes para regular la temperatura, se producirá una vasoconstricción y sudores fríos. Estas últimas reacciones se deberán evitar, pues son indicativas de saturación del sistema biológico (Rodríguez Martín, 2014).

## ***Clasificación***

Las corrientes de alta frecuencia empleadas en fisioterapia pueden clasificarse según su frecuencia y longitud de onda en TECAR, onda corta y microondas.

### ***TECAR***

Su nombre se debe a las siglas de Transferencia de Energía Capacitiva y Resistiva. Este sistema aplica frecuencias entre 0,3 y 1,2 MHz. Se dedicará un tema específico para esta terapia (Lupowitz et al., 2025).

### ***Onda corta***

Este sistema posee una frecuencia de 27,12 MHz, con una longitud de onda de 11 metros. Su aplicación se realiza mediante placas o bobinas separadas de la piel, generando calor por el desplazamiento de cargas eléctricas (Rodríguez Martín, 2014; Wang et al., 2017).

### ***Microondas***

Las microondas son ondas electromagnéticas comprendidas entre 300 MHz y 300 gigahercios (GHz), pero de forma terapéutica se usan principalmente dos tipos de frecuencia: 2450 MHz; con una longitud de onda de unos 12 centímetros, o 900 MHz con una longitud de onda de 33 centímetros. Su aplicación se realiza con un electrodo antena, por tanto, la generación de calor se debe a la vibración molecular provocada al penetrar la onda en los tejidos (Hagon et al., 2023; Rodríguez Martín, 2014).

## ***Metodología de aplicación***

Las terapias diatérmicas no se dosifican con una unidad de medida estándar, como julios o vatios por centímetro cuadrado. En su lugar, la dosis se define por la percepción térmica subjetiva del paciente, clasificándose gradualmente desde el I al V. Todas estas fases se pueden alcanzar con emisión pulsada y continua.

- En el grado I, subliminal, el calor es imperceptible.
- En el grado II, supraliminal, el paciente percibe una leve sensación térmica.

- En el grado III, calor perceptible, se percibe una notable pero agradable sensación de calor.
- En el grado IV, calor intenso, el paciente percibe un fuerte calor, rozando el umbral del dolor.
- En el grado V, calor quemante, se percibe una sensación dolorosa de calor.

Cuanto mayor sea la intensidad del calor, antes aparecerán las reacciones neurovegetativas de termorregulación. Por tanto, cuanto mayor sea el grado, menor será la duración de la aplicación. De forma orientativa, se recomienda 30 minutos a 40 vatios (W) en grado I, 20 minutos a 60 W en grado II, 15 minutos a 80 W en grado III y 10 minutos a 100 W en grado IV.

Por otro lado, si la estructura que se quiere abordar es profunda, convendrá emplear la emisión pulsada, y si fuese una estructura superficial sería más beneficioso la emisión continua (Rodríguez Martín, 2014).

### ***Indicaciones***

Las corrientes de alta frecuencia están indicadas en dolor químico, isquémico, contracturas musculares, inflamaciones crónicas, edemas locales, artrosis, procesos artríticos no agudos, derrames articulares cronificados, procesos degenerativos por trofismo insuficiente y algodistrofia simpático refleja en sus primeros estadios (Rodríguez Martín, 2014).

Sin embargo, no existe evidencia sólida que respalde el uso clínico de la diatermia para tratar trastornos musculoesqueléticos. La mayoría de los resultados no muestran beneficios significativos en la reducción del dolor o la mejora de la función física, calificando la calidad de la evidencia actual como baja o muy baja (Pollet et al., 2023).

### ***Contraindicaciones***

Las corrientes de alta frecuencia están contraindicadas en procesos inflamatorios agudos, pacientes con dispositivos intrauterinos implantados, menstruación, osteosíntesis y endoprótesis metálicas,

calcificaciones incipientes, procesos infecciosos y abscesos purulentos, tuberculosis, procesos tumorales, embarazo, fiebre, hemofílicos o pacientes que tomen anticoagulantes, hematomas y roturas tisulares agudas, denervaciones totales, tromboflebitis y ganglios linfáticos infartados.

Además, hay que tener evitar zonas como el sistema nervioso central, los ojos, los oídos, el corazón, testículos y glándulas hormonales (Rodríguez Martín, 2014).

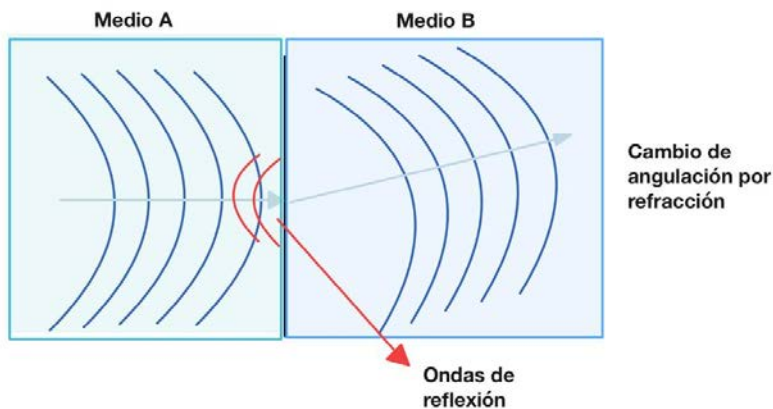
El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

# BLOQUE TEMÁTICO III: VIBROTERAPIA

## Tema 9: Terapia ultrasónica

### *Características*

Los ultrasonidos son ondas sonoras de alta frecuencia, entre 0,8 y 3 MHz. Estas ondas reciben dicho nombre por el hecho de que superan el límite perceptible por el oído humano, que está entre 15.000 y 20.000 Hz. Cuando estas ondas chocan con una interfase entre dos tejidos con distinta densidad, parte de la energía rebota en sentido contrario, lo que se denomina reflexión, por lo que cuanto más homogéneos sean los tejidos menor reflexión habrá. Asimismo, cuando las ondas atraviesan una interfaz de dos tejidos con distinta intensidad, se producirá refracción, es decir, un cambio en la angulación de la onda. Véase Ilustración 48.



*Ilustración 48. Fenómeno de reflexión y refracción*

A diferencia de las corrientes de alta frecuencia, los ultrasonidos no emiten ondas electromagnéticas, sino ondas mecánicas. Sin embargo, su efecto es similar, pues producirán un efecto térmico en el tejido.

Para la producción de estas ondas ultrasónicas se aprovecha las propiedades piezoeléctricas de emitir pulsos eléctricos al ser deformados, y de forma inversa. Por tanto, al aplicar electricidad al

mineral este se deformará, transmitiendo las ondas mecánicas resultantes al medio circundante. Es por ello por lo que el aparato de aplicación contendrá uno de estos minerales bajo el cabezal.

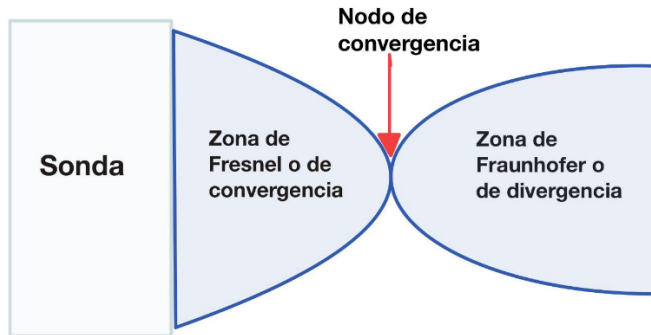
Debido a que el aire no es buen conductor de ultrasonidos, en comparación con un medio acuático que es el ideal, se deberán aplicar un medio acuoso evitando la solución de continuidad entre el aplicador y la piel si se quiere realizar una aplicación. Por ello se recurre a un líquido gelatinoso que favorece la conducción de las ondas, facilita el deslizamiento del aplicador, no irrita la piel y no se transforma en grumos ni se reseca. En la aplicación indirecta se transmiten las ondas ultrasónicas a través de agua.

Hay que tener en cuenta que el haz ultrasónico no se transmite de forma homogénea, sino que se emite de forma concéntrica, emitiendo más potencia en las ondas centrales. Esto se conoce como ratio de no homogeneidad del haz ultrasónico (BNR), por lo que cuando el cabezal está inmóvil se deberá cambiar su inclinación para evitar la concentración de energía en el mismo punto. Por tanto, si un cabezal tiene un BNR de 5 significa que la zona central del haz ultrasónico emitirá 5 veces más intensidad que los laterales.

Esta diferencia de intensidad provoca que primero haya una zona de convergencia o de Fresnel; donde puede haber riesgo de lesión en el tejido por la concentración del tejido.

Otra zona es el nódulo de convergencia, donde se produce la máxima convergencia de las ondas, pudiendo aparecer el fenómeno de cavitación y el consecuente daño tisular.

Desde el nodo de convergencia, en la zona de Fraunhofer, el haz se vuelve más homogéneo y divergente, por lo que el riesgo de lesión disminuye. En esta zona se produce el efecto terapéutico. Véase Ilustración 49.



*Ilustración 49. Zona de convergencia, nodo de convergencia y zona de divergencia*

Otro parámetro de interés es el área real de emisión del cabezal (ERA), que consiste en la superficie del cabezal que emite energía ultrasónica con eficacia suficiente.

Podemos emplear ultrasonidos de forma continua; emitiendo las ondas sin interrupciones, o en emisión pulsátil; interrumpiendo las corrientes en pequeñas modulaciones (Rodríguez Martín, 2014).

### *Cavitación*

Las ondas ultrasónicas pueden llegar a aumentar la presión tisular de forma que una vez se cese la presión, se puede producir tal presión negativa que se creen microburbujas dentro del tejido. Estas pueden implosionar, liberando radicales libres y dañar a los tejidos si ocurre de forma descontrolada.

### ***Efectos fisiológicos***

Las ondas ultrasónicas consisten en formas de energía cinética que se transferirán a los tejidos, provocando dos efectos fundamentales; térmico y mecánico.

La aplicación continua provocará un efecto térmico, pues los tejidos conducirán la onda ultrasónica. Esta vibración generará energía térmica por agitación del medio electrolítico intersticial e intracelular. Este movimiento y roce a nivel molecular generará calor y tendencia al

estado de disolución fluida. La aplicación pulsátil tendrá un efecto térmico menor, y por tanto generará mucha menos temperatura en comparación con la emisión continua y dependerá de la ratio pulso:reposo.

Por tanto, los ultrasonidos provocan un aumento del movimiento browniano (movimiento aleatorio de las partículas dentro de un medio fluido) y por ende calor. Además, produce un micromasaje tisular, movilizandolos elementos formes para permitir el desplazamiento de los líquidos atrapados en una red fibrótica (Rodríguez Martín, 2014).

### **Metodología de aplicación**

En cuanto a la dosificación de los ultrasonidos, se establece de manera indicativa aplicar 30 J por centímetro cuadrado como punto de corte, aplicando intensidades superiores para procesos crónicos e inferiores para procesos agudos. Sin embargo, este parámetro variará en función de la experiencia clínica del fisioterapeuta.

El tiempo de aplicación se calcula dividiendo el producto de la dosis y la superficie a tratar entre la potencia del cabezal. La potencia del cabezal se calcula con el producto de los vatios por centímetro cuadrado que emite el cabezal, por el área real de emisión del cabezal y por el porcentaje de ondas que se aplique; por lo que podrá variar en emisión pulsátil y será siempre del 100% si es emisión continua. Véase Ilustración 50.

$$\text{Tiempo de aplicación} = \frac{\text{Dosis x Superficie a tratar}}{\text{Potencia del cabezal}} = \frac{\text{J/cm}^2 \times \text{cm}^2}{\text{W/cm}^2 \times \text{ERA} \times \% \text{ de emisión}}$$

*Ilustración 50. Fórmula para calcular el tiempo de aplicación*

Las frecuencias que suelen emplearse son 1 MHz o 3 MHz. La aplicación de 1 MHz posee mayor penetración en el tejido, mientras que la de 3 MHz es más superficial.

La aplicación puede realizarse con el cabezal fijo o móvil. En el caso de aplicar el cabezal móvil, conviene delimitar la zona a tratar y abordarla realizando trazos circulares y “en ocho”, en ambos sentidos, evitando mucha diferencia de energía entre zonas (Rodríguez Martín, 2014).

En cuanto al ámbito de la docencia, el uso de simuladores digitales ha demostrado ser una herramienta eficaz y eficiente para el aprendizaje del cálculo de dosis de láser en fisioterapia. Los resultados avalan que los estudiantes logran una capacitación precisa de forma autónoma, independientemente de su nivel académico, facilitando la transferencia de conocimientos técnicos a la práctica clínica (Vega et al., 2024).

### Ejercicios para el cálculo de la dosis

#### EJERCICIO 1:

- Potencia ajustada:  $0,5 \text{ W/cm}^2$ .
- Área real de emisión (ERA):  $6 \text{ cm}^2$ .
- Modo de emisión continuo.
- Superficie:  $10 \text{ cm}^2$ .
- Dosis:  $36 \text{ J/cm}^2$ .

a. Calcula el tiempo total de aplicación.

b. Calcula la potencia ajustada para un modo de emisión pulsante al 50%, manteniendo la misma potencia eficaz.

#### EJERCICIO 2:

Si aplicamos US a una intensidad de  $1,5 \text{ W/cm}^2$  con el cabezal de  $5 \text{ cm}^2$  de ERA y 3 Mhz, en modo pulsante al 20% del tiempo de trabajo durante 5 minutos en un área de  $20 \text{ cm}^2$  de piel. ¿qué dosis hemos aplicado en cada  $\text{cm}^2$ ?

La solución de estos problemas está disponible en Anexo 2.

### *Sonoforesis*

Para este tipo de aplicación, se aplican medicamentos a nivel tópico en lugar de gel conductor. El ultrasonido facilitará la penetración de dicho

medicamento. Este medicamento debe de estar preparado en un medio gelificado.

### ***Indicaciones***

El ultrasonido está indicado en procesos degenerativos o reumáticos, musculatura contracturada, tenosinovitis, fibrosis capsulares y ligamentosas, cicatrices fibróticas y adheridas, derrames articulares empastados y coagulados, derrames y hematomas no agudos derivados de roturas de tejido blando, celulitis y calcificaciones en tejido blando (Rodríguez Martín, 2014).

### ***Contraindicaciones***

Los ultrasonidos están contraindicados en fracturas (salvo que se utilice un dispositivo pulsado de baja intensidad, el cual favorece la consolidación) y heridas recientes, los ojos y canales del oído interno, tumores cancerígenos, focos de tuberculosis, infecciones agudas, cicatrices queloideas, marcapasos, zonas de tromboflebitis y proximidades, y en la zona cardiaca en cardiópatas (Rodríguez Martín, 2014).

El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

### ***Caso clínico***



*Vídeo 18. Ultrasonido terapéutico para epicondilitis*

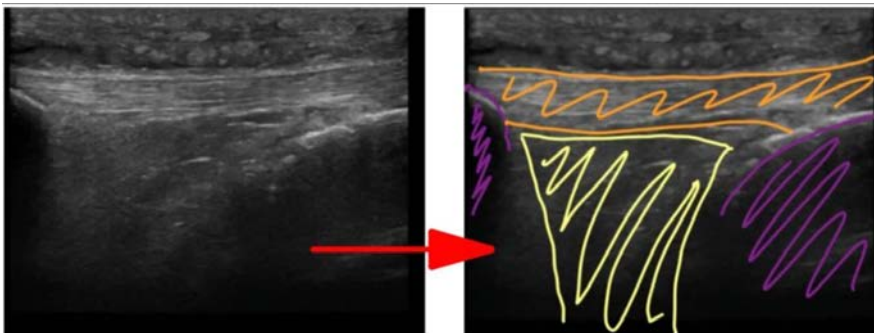


decir, cuanto más reflexión tenga el tejido más blanco se verá en la imagen y cuanto menor reflexión, más negro se verá.

Los tejidos con baja impedancia o similar a la de los tejidos circundantes serán menos reflectantes. Por tanto, se observará completamente negro (anecoico) cuando el haz ultrasónico atraviesa líquidos o parcialmente negro (hipoecoico), como el músculo, la grasa o los órganos.

El hueso es el tejido más reflectante, pues refleja la totalidad del haz ultrasónico, identificándose en la imagen de color blanco (hiperecoico). Además, impiden la visión de las estructuras detrás de él, lo que genera una sombra acústica posterior, es decir, una zona completamente negra.

Los tejidos blancos, como los tendones y ligamentos, reflejan bien las ondas debido a su estructura compacta, pero no tanto como el hueso. Véase Ilustración 51. Es por ello que se observan como estructuras grises (isoeoicas) (Álvarez et al., 2007). Véase Ilustración 52.



*Ilustración 52. Ecografía de tendón rotuliano. Morado: Hueso. Naranja: Tendón.  
Amarillo: Grasa de Hoffa*

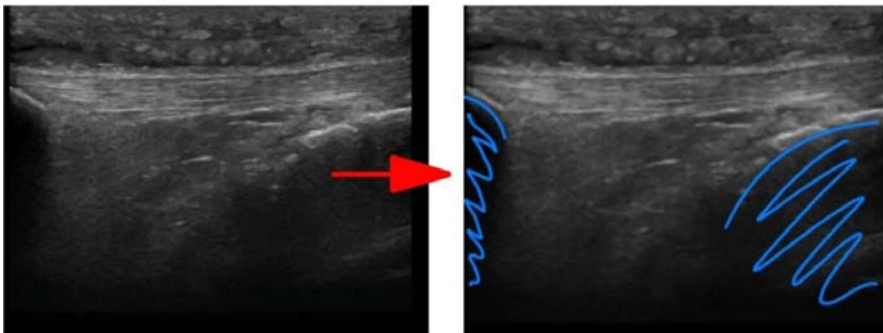
### *Artefactos ecográficos*

Los artefactos ecográficos son anomalías o errores en la imagen que no corresponden fielmente a la anatomía real del paciente. Se producen porque el equipo de ecografía asume ciertas leyes físicas (como que el sonido viaja siempre en línea recta o a una velocidad constante) que no siempre se cumplen al interactuar con los tejidos.

Entre estos artefactos ecográficos, destacamos la anisotropía, la sombra acústica, el refuerzo posterior y la cola de cometa.

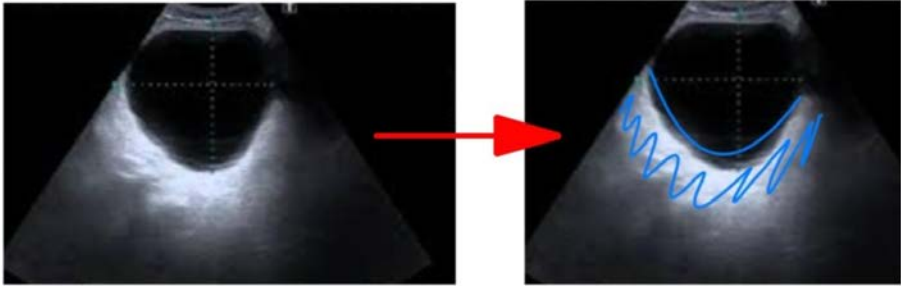
La anisotropía consiste en que la imagen que obtenemos puede variar en función de la angulación con la que coloquemos la sonda. Es por ello que cuando el haz ultrasónico incide perpendicularmente, estas estructuras se muestran con su ecogenicidad normal y cuando incide de forma más oblicua la ecogenicidad de esa estructura se altera. Por tanto, si observamos músculos y tendones orientando la sonda perpendicularmente, el músculo será hipoeicoico y el tendón hipereicoico. Sin embargo, si se hace con una orientación oblicua de la sonda, el músculo se verá más hipereicoico y el tendón más hipoeicoico.

La sombra acústica aparece como una zona anecoica (negra) situada detrás de estructuras que absorben o reflejan casi por completo el haz de ultrasonidos. Ocurre cuando el sonido choca con interfaces de muy alta densidad, como hueso o calcificaciones, que impiden que la energía sónica pase a los tejidos más profundos. Véase Ilustración 53.



*Ilustración 53. Sombra acústica bajo la cortical ósea*

El refuerzo acústico posterior consiste en un aumento de la ecogenicidad (hiperecogenicidad) en los tejidos situados bajo de una estructura líquida. Esto sucede porque el líquido apenas atenúa el sonido en comparación con el tejido circundante; por lo tanto, el haz llega con mucha más energía a la zona posterior y genera ecos más intensos. Véase Ilustración 54.



*Ilustración 54. Refuerzo acústico posterior bajo zona anecoica*

En la cola de cometa se visualiza una estela brillante, densa y de forma triangular que se estrecha hacia la profundidad. Se produce cuando el haz de ultrasonido rebota repetidamente entre dos superficies muy reflectantes y cercanas entre sí. A diferencia de la sombra acústica, este artefacto añade ecos falsos a la imagen, en lugar de eliminarlos (Álvarez et al., 2007).

## Tema 10: Ondas de choque terapéuticas

### *Características*

Según la definición física, las ondas de choque son ondas sónicas (sonoras o acústicas) asimétricas de gran amplitud y corta duración (menos de 10 microsegundos [ $\mu$ ]) que tienen un frente de onda con cambios de presión discontinuos que comienzan con una fase compresiva de alta intensidad, duración breve y ascenso rápido (-10 nanosegundos [ns]), seguida de una fase de tracción de baja intensidad y duración mas larga. Estas ondas se propagan a una velocidad mayor que la del sonido.

Tanto las ondas de choque como el ultrasonido terapéutico (US) son ondas de sonido que generan una presión al propagarse longitudinalmente a través de un medio, siendo el más idóneo el acuático. A pesar de esta similitud presentan particularidades que las distinguen. La diferencia principal radica en que: las ondas de choque generan un efecto fundamentalmente mecánico mientras que el US genera principalmente un efecto térmico.

La aplicación médica de las ondas de choque (OC) también conocidas como Ondas de Choque Extracorpóreas, se originaron como un método de tratamiento no invasivo para desintegrar cálculos (piedras) denominado litotricia. Se pudo evidenciar que junto a la destrucción de estos cálculos también se producían cambios tisulares negativos, los cuales, con unos ajustes de intensidad de aplicación a la baja, se revirtieron, pasando a conformar los que se conocen en la actualidad como efectos terapéuticos musculoesqueléticos (Cameron, 2023; Watson & Nussbaum, 2021).

En su gráfica, en una onda sónica se observa un aumento súbito de la presión hasta alrededor de 100 megapascales (MPa) en menos de 10 ns, para luego descender de forma brusca, generándose una presión negativa de entre -10 y -20 MPa. Todo ello en menos de 5 microsegundos. En ocasiones la literatura científica no especifica en los estudios que tipo de ondas se utilizan y se catalogan todas como ondas de choque, siendo las focales las únicas que cumplen con el criterio.

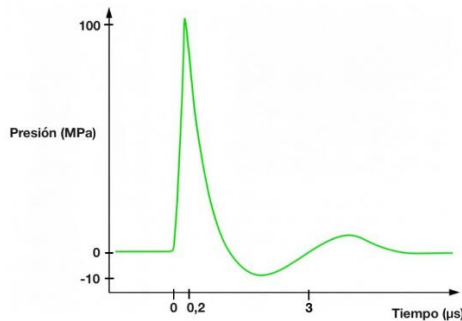
La cantidad de energía transmitida por 1 milímetro cuadrado se denomina densidad de flujo de energía (EFD) y se expresa en mJ/mm.

Las ondas de choque se clasifican en ondas de choque focales y radiales (Kudo, 2022; Ramon et al., 2021).

### ***Ondas de choque focales***

Estas ondas generan un pico de presión de entre 100 y 150 MPa en un tiempo inferior al nanosegundo, seguido de una disminución de presión pudiendo alcanzar los -25 MPa. Véase Ilustración 55.

Estas ondas son generadas por fuentes como la electrohidráulica, la electromagnética o la piezoeléctrica, y son utilizadas para la litotricia (por los médicos) y en terapias que requieren gran penetración, ya que pueden penetrar hasta 10 o 12 cm.



*Ilustración 55. Gráfica de onda de choque focal*

La EFD que se emplea en estas ondas es de entre 0,1 y 0,2 mJ por milímetro cuadrado para una emisión de energía baja y entre 0,2 y 0,4 mJ por milímetro cuadrado para una emisión de energía alta.

El pico de presión de este tipo de ondas empleada en fisioterapia es diez veces menor que la empleada en litotricia (Kudo, 2022; Ramon et al., 2021; Ryskalin et al., 2022).

## Ondas de choque radiales

Estas ondas no cumplen con la definición física estricta de una onda de choque focal, pues solo alcanzan presiones de alrededor de 30 MPa en tiempos cercanos a 10 nanosegundos, aunque producen cavitación. Además, el impulso se propaga de forma radial o esférica, sin efecto de focalización. También se denominan ondas de presión radial. Véase Ilustración 56.

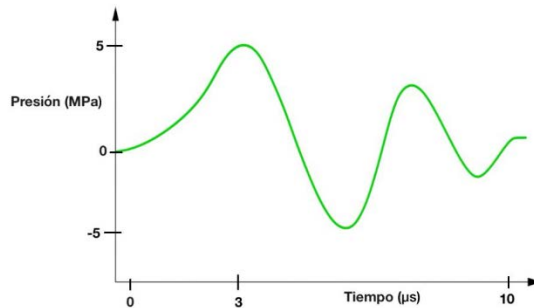


Ilustración 56. Gráfica de onda de choque radial

Son generadas por el impacto de un proyectil que golpea un aplicador en contacto con la piel y tienen aplicación ortopédica, en estructuras superficiales debido a la falta de focalización, con una capacidad de penetración menor a 3 cm.

La EFD que se emplea en estas ondas oscila entre 0,02 y 0,06 mJ por milímetro cuadrado. Este tipo de ondas, al igual que los ultrasonidos, se aplican a través de un gel conductor, bien aplicándolo directamente sobre la piel, o bien dentro de una bolsa que contiene el fluido y contacta con la piel (Ramon et al., 2021; Ryskalin et al., 2022).

## Efectos fisiológicos

Las ondas de choque producen respuestas celulares como resultado de la mecanotransducción de los estímulos mecánicos.

Al aplicar ondas de choque, las células endoteliales secretan óxido nítrico sintasa endotelial (eNOS) y factor de crecimiento endotelial

vascular (VEGF). Esto conduce a la neovascularización y a un aumento del flujo sanguíneo, lo que resulta en la regeneración de tejidos a largo plazo. Además, en tendinopatías estimula la producción de colágeno tipo I y suprime la secreción de citoquinas inflamatorias.

También se ha encontrado una disminución en el número de neuronas inmunorreactivas para la sustancia P en los ganglios de la raíz dorsal y la degeneración y reinervación de fibras nerviosas sensoriales cutáneas.

En hueso promueve la secreción de proteínas morfogenéticas óseas (BNP) y se estimula el crecimiento y la diferenciación del estroma de la médula ósea (Kudo, 2022).

### ***Metodología de aplicación***

Una vez seleccionado el tipo de ondas de choque para el tratamiento, se deberá determinar el número de pulsos a aplicar. Como en la aplicación de otras terapias, no existe un consenso en cuanto a la dosis ideal. Generalmente se aplican entre 800 y 3.000 pulsos, aunque ciertas patologías, como la necrosis avascular de cadera, puede requerir hasta 6.000 pulsos por sesión. Por ello, la clave radica en encontrar una dosis suficiente para producir efecto terapéutico, pero sin llegar a provocar los efectos adversos de una dosis excesiva.

Para la aplicación de las ondas de choque, se colocará al paciente en una posición conveniente según la zona a tratar, siempre manteniendo su comodidad.

Luego se localizará la zona a tratar, aplicando el gel conductor, haciendo de interfaz entre el aplicador y la piel. A continuación, se pondrá en contacto el aplicador con el paciente y se le administrarán los pulsos determinados previamente. Podemos emplear aplicadores de diferente forma y composición, en función de la estructura que queramos abordar.

La frecuencia de las sesiones suele realizarse de forma semanal o cada dos semanas para permitir la respuesta celular ante el estímulo mecánico (De la Corte-Rodríguez et al., 2023; de Menezes et al., 2022).

## ***Indicaciones***

Las ondas de choque tienen un nivel sólido de evidencia en tendinopatía calcificante del hombro, epicondilopatía, síndrome doloroso del trocánter mayor, fasciopatía plantar, retraso en la consolidación ósea, pseudoartrosis, retardo de cicatrización de heridas, úlceras cutáneas y heridas por quemaduras.

Otras indicaciones con evidencia comprobada o en experimentación son la tendinopatía aquilea, tendinopatía rotuliana, epitrocleitis, tendinopatía del manguito rotador sin calcificación, síndrome miofascial, dolor lumbar, artrosis, necrosis avascular de cadera, edema óseo, espasticidad (post-ictus y en parálisis cerebral), síndrome de túnel carpiano y lesión de nervio periférico, síndrome del dolor pélvico crónico, disfunción eréctil y enfermedad de la Peyronie (De la Corte-Rodríguez et al., 2023; Ramon et al., 2021).

## ***Contraindicaciones***

La aplicación de ondas de choque es contraindicación absoluta en la zona a tratar si hay tumor maligno o tejido oncológico (incluyendo metástasis, mieloma múltiple o linfoma), embarazo, cartílago de crecimiento aún presente e infección aguda.

Además, las ondas de choque focales están específicamente contraindicadas en foco cercano a pulmón, médula espinal y cerebro.

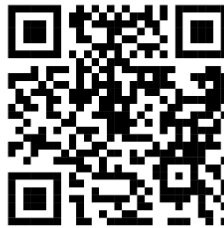
Se debe tener precaución en casos de coagulopatías severas o tratamiento anticoagulante, rotura tendinosa completa, presencia de marcapasos u otros dispositivos electrónicos, así como dispositivos metálicos como prótesis, sobre todo cementadas. También se debe evitar las trayectorias nerviosas y los grandes vasos durante la aplicación (De la Corte-Rodríguez et al., 2023; Ramon et al., 2021).

El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

## *Casos clínicos*



*Vídeo 19. Ondas de choque radiales para epicondilitis*



*Vídeo 20. Ondas de choque radiales para fascitis plantar*

# BLOQUE TEMÁTICO IV: FOTOTERAPIA

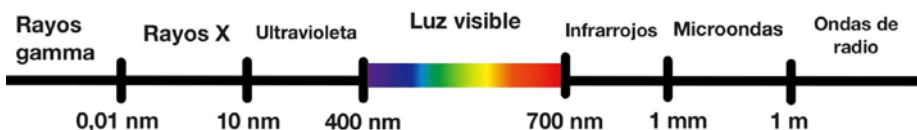
## Tema 11: Fototerapia

### *Introducción*

La luz, que es una forma de radiación electromagnética, se genera fundamentalmente a nivel atómico mediante la emisión de fotones, las partículas portadoras de la luz. Este proceso inicia cuando un átomo absorbe energía (por calor, electricidad o radiación), lo que provoca que uno de sus electrones salte a un nivel de energía superior (estado excitado). Dado que este estado es inestable, el electrón regresa casi de inmediato a su nivel de energía original (estado fundamental), y la energía sobrante se libera en forma de un fotón. La energía específica de este fotón determina la longitud de onda y, por lo tanto, el color de la luz que percibimos (Rodríguez Martín, 2014).

La luz se clasifica dentro del espectro de radiación electromagnética como radiación óptica, la cual abarca longitudes de onda desde los 100 nm hasta aproximadamente 1 mm. Este espectro se divide en tres rangos principales: la radiación ultravioleta (UVR) que va de 100 a 400 nm; la luz visible, de 400 a 780 nm; y la radiación infrarroja (IR), de 780 nm a 1 mm. Véase Ilustración 57.

La longitud de onda es fundamental porque determina la profundidad de penetración en la piel. A mayor longitud de onda, mayor penetración, pues las longitudes de onda más cortas y energéticas son dispersadas y absorbidas en mayor medida (Gupta et al., 2013; Kurz et al., 2023; Rodríguez Martín, 2014).



*Ilustración 57. Espectro electromagnético*

La fototerapia se entiende como el empleo terapéutico de la luz. El principal efecto de esta terapia se debe a la fotobiomodulación o terapia de luz de bajo nivel, es decir, la modulación de funciones

celulares y procesos biológicos por medio de radiación lumínica. Por otro lado, el empleo de radiación óptica también genera calor en los tejidos, pero la longitud de onda de estas radiaciones será distinta a las que provocan un efecto fotobiomodulador (Hernández-Bule et al., 2024; Horton et al., 2023).

### ***Fundamentos físicos***

Se deben conocer las leyes físicas que rigen las interacciones fotoquímicas entre la luz y los tejidos, así como las leyes que rigen la distribución espacial y la intensidad de la luz.

Las interacciones fotoquímicas están mediadas por la ley de Grotthus-Draper y la ley de Bunsen-Roscoe. La primera establece que la luz debe ser absorbida por una sustancia para producir un cambio fotoquímico, y esta luz que es absorbida no puede ser reflejada ni transmitida. Asimismo, la ley de Bunsen-Roscoe establece que la respuesta fotoquímica dependerá de la dosis de energía administrada, independientemente de la intensidad o tiempo de aplicación (Calvo Seco & Hernández Sánchez, 2021; Kim & Calderhead, 2011; Parajuli et al., 2023).

Las distribución espacial e intensidad de la luz están mediadas por la ley de Lambert y la ley del cuadrado de la distancia. La primera establece que la máxima irradiación se produce cuando la superficie a tratar está orientada de forma perpendicular a la fuente de luz. Por otro lado, la ley del cuadrado de la distancia establece que la intensidad de la luz disminuye en proporción al cuadrado de la distancia desde la fuente de emisión (Calvo Seco & Hernández Sánchez, 2021; Piccinin et al., 2019; Wang et al., 2022).

### ***Radiación ultravioleta***

La radiación ultravioleta abarca el espectro comprendido entre 100 y 400 nm. Dentro esta clasificación, la luz se divide en UVC; de 100 a 280 nm, UVB; de 280 a 320 nm, y UVA; de 320 a 400 nm. A su vez, esta se subdivide en UVA2 (320-340 nm) y UVA1 (340-400 nm). En la práctica, la fototerapia con UVB de banda estrecha (NB-UVB) utiliza una longitud de onda específica de 311 nm. Véase Ilustración 58.

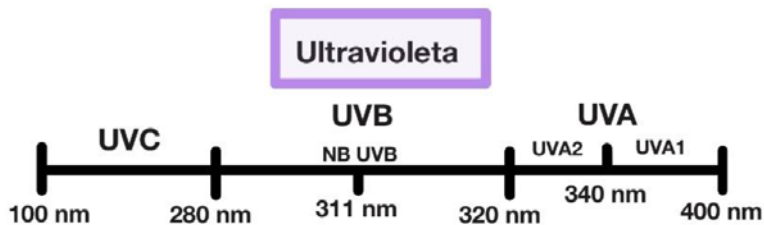


Ilustración 58. Espectro ultravioleta

La radiación UVC solo alcanza la epidermis superficial, siendo una radiación ionizante. La radiación UVB penetra hasta aproximadamente 0,1 mm, actuando casi exclusivamente en la epidermis. En cambio, la radiación UVA llega hasta aproximadamente 0,8 mm, alcanzando la dermis superior.

Estos tipos de radiación pueden emitirse de forma terapéutica mediante tecnología LED. Asimismo, la radiación UVA y UVB pueden generarse mediante tubos fluorescentes. La radiación UVA1 se emite por lámparas de alta presión. Además, el 4% de la radiación emitida por el sol que alcanza la Tierra es UV, 95% UVA y 5% UVB, siendo la UVC filtrada por la capa de ozono.

La radiación ultravioleta puede aplicarse en combinación con el medicamento psoraleno, para el tratamiento de enfermedades cutáneas como la psoriasis. Este tratamiento recibe el nombre de PUVA (Gupta et al., 2013; Kurz et al., 2023).

### *Efectos terapéuticos*

La radiación UV tiene efecto inmunomodulador, proapoptótico, propigmentario, antifibrótico, antiprurítico, probiótico y antiraquítico. Todos estos efectos se deben a mecanismos fotoquímicos.

La UV modula la respuesta inmune cutánea, lo cual es esencial en el tratamiento de enfermedades con base inmunológica. Esto se logra mediante la liberación de moléculas inmunomoduladoras, la regulación de la migración celular y la inducción de inmunosupresión. Además, la radiación UV tiene la capacidad de inducir la apoptosis (muerte celular programada) y desencadenar la liberación de fotoproductos.

En el ámbito de la pigmentación, la exposición a la UV estimula la melanogénesis. Esto se consigue mediante la producción de proopiomelanocortina y hormona estimulante de los melanocitos alfa (alfa-MSH) y el agotamiento de las células T CD8 antimelanocíticas.

La luz UV ejerce una acción contra la formación excesiva de tejido fibroso al inducir la producción de metaloproteinasas de matriz, enzimas que son responsables de la degradación del colágeno.

La fototerapia con UV es eficaz para aliviar el picor (prurito) asociado a diversas dermatosis. Este efecto se debe a la regulación a la baja de las citoquinas Th2, la desgranulación de mastocitos y el aumento en la síntesis de beta-endorfinas.

La radiación UV influye en el ecosistema microbiano de la piel, conocido como microbioma cutáneo. Específicamente, induce una redistribución de las poblaciones microbianas, lo que se traduce en una disminución de bacterias.

El mecanismo por el cual la radiación UV contribuye a la formación de Vitamina D se centra específicamente en la banda de UVB. Esta radiación UVB es absorbida por el 7-dehidrocolesterol (7-DHC), un cromóforo presente en las células de la piel. La absorción de energía por el 7-DHC lo convierte en previtamina D3, la cual es térmicamente inestable y se reorganiza en vitamina D3 (colecalfiferol). Esta vitamina D3 será hidroxilada en el hígado y luego en los riñones para formar la hormona activa, esencial para la salud ósea (Calvo Seco & Hernández Sánchez, 2021; Kurz et al., 2023; Neville et al., 2021).

### *Efectos adversos y riesgos*

Si bien la fototerapia UV es un tratamiento altamente efectivo, su uso está asociado a riesgos y efectos secundarios que deben ser considerados.

El principal riesgo a largo plazo asociado a dosis acumuladas elevadas de radiación UV es el fotoenvejecimiento de la piel y la fotocarcinogénesis (cáncer de piel), pues esta radiación produce cambios en el ADN mediante mecanismos de estrés oxidativo indirecto y mecanismos de absorción directa.

Los riesgos inmediatos y los efectos secundarios del tratamiento incluyen eritema por sobredosis, reacciones fototóxicas por la ingesta de sustancias fotosensibilizantes sistémicas, reactividad viral por el efecto inmunosupresor y daño ocular (Kurz et al., 2023).

### *Metodología de aplicación*

Durante todo el proceso la seguridad del paciente es imprescindible. Esto incluye la evaluación del fototipo de piel del paciente, ya que las pieles claras son más sensibles, y detectar el uso de medicamentos fotosensibilizantes, los cuales pueden causar reacciones fototóxicas. Asimismo, es obligatorio el uso de protección ocular para el paciente y el terapeuta, así como cubrir áreas sensibles o no afectadas.

La aplicación terapéutica de radiación UV en fototerapia se basa en la dosificación precisa para garantizar la eficacia biológica sin causar daños cutáneos. Para ello se deberá calcular la cantidad mínima de radiación necesaria para causar un ligero enrojecimiento; la dosis mínima eritematosa. Por tanto, parámetros como el tiempo de exposición y la distancia entre la lámpara y la piel deberán ser controlados.

La dosis mínima eritematosa se determinará por el tipo de piel, diferenciando 4 tipos de piel según la clasificación de Fitzpatrick, siendo I pieles claras y IV pieles oscuras. Una vez determinada esta dosis a aplicar, la distancia y la intensidad de emisión, el propio equipo calculará el tiempo correspondiente para esa dosis. Véase Tabla 6 y Tabla 7.

	I	II	III	IV
<b>NB UVB</b>	0,2 J/cm <sup>2</sup>	0,3 J/cm <sup>2</sup>	0,5 J/cm <sup>2</sup>	0,6 J/cm <sup>2</sup>

*Tabla 6. Dosis mínima eritematosa según tipo de piel para NB UVB*

	Baja dosis	Media dosis	Alta dosis
<b>UVA1</b>	10-20 J/cm <sup>2</sup>	20-70 J/cm <sup>2</sup>	70-130 J/cm <sup>2</sup>

*Tabla 7. Dosis para UVA1*

Otro aspecto es la selección de la longitud de onda, pues diferentes tipos de UV tienen distintos propósitos. La UVC se utiliza principalmente por su potente efecto germicida, como desinfectante de equipos médicos, por lo que no se empleará en fisioterapia. La UVB

es la más común para efectos dermatológicos y estimulación de Vitamina D, con NB-UVB siendo más específica y segura. Por último, la UVA penetra más profundamente y se emplea habitualmente en combinación con agentes fotosensibilizantes, como en terapia PUVA (Kee et al., 2024; Kurz et al., 2023; Valbuena Mesa et al., 2020).

### *Indicaciones*

La fototerapia con radiación UV está indicada en psoriasis, la dermatitis atópica, vitíligo, enfermedades del tejido conectivo y escleróticas (como la esclerodermia) y en enfermedades inflamatorias y linfoproliferativas (como la micosis fungoide) (Kurz et al., 2023; Raharja et al., 2021).

### *Contraindicaciones*

La fototerapia con radiación UV está contraindicada en defectos genéticos asociados a un mayor riesgo de cáncer de piel, tratamiento actual inmunosupresor, inestabilidad clínica y PUVA en embarazo y lactancia.

Se debe tener precaución y sopesar el tratamiento con UV en pacientes con fotodermatosis, tratamiento con medicamentos fotosensibles, antecedentes de cáncer de piel y lesiones precancerígenas (Kurz et al., 2023). Véase Anexo 1.

## ***Radiación infrarroja***

La radiación infrarroja (IR) es la porción del espectro electromagnético con longitudes de onda entre 700 nm y 1 mm, situada entre la luz visible y las microondas. Se divide en IR-A (700–1400 nm), IR-B (1400–3000 nm) e IR-C (3000 nm–1 mm). Algunos autores dividen a los IR en IR cercanos (IR-A), IR medios (IR-B) e IR lejanos (IR-C), por su proximidad al espectro visible. Véase Ilustración 59.



*Ilustración 59. Espectro infrarrojo*

Este tipo de radiación, debido a su mayor longitud de onda, penetra más profundo que la UV, llegando a los 10 mm. Además, el 53% de la radiación emitida por el sol que alcanza la Tierra es IR.

La radiación IR es absorbida por las moléculas de agua en la piel, transformándose en energía cinética que se percibirá como calor. Los IR-A también producen un efecto de fotobiomodulación independiente del efecto térmico.

Las IR-A se emiten a través de láseres de bajo nivel o LEDs, generando un efecto térmico y fotobiomodulador. En cambio, las IR-B se emiten por lámparas infrarrojas y las IR-C en saunas especializadas, provocando exclusivamente el efecto térmico por su mayor longitud de onda (Barolet et al., 2016; Horton et al., 2023; Kaub & Schmitz, 2022; Mineroff et al., 2024).

### *Efectos terapéuticos*

Los efectos terapéuticos de la radiación IR son fotoprevisión, fotorrejuvenecimiento y fotobiomodulación.

Se ha demostrado que la IR proporciona protección duradera contra los efectos citotóxicos de la radiación UV cuando se administra antes de la exposición UV.

La IR es un método bien tolerado de remodelación dérmica no ablativa que estimula el crecimiento de colágeno debido al daño térmico en la dermis. Además, estimula los fibroblastos, aumentando la producción de colágeno (tipos I y III) y elastina.

La IR-A no térmica, debido a su efecto fotobiomodulador, estimula con éxito la cicatrización de heridas, promueve el crecimiento del cabello y

alivia el dolor y la inflamación. También tiene el beneficio adicional de producir efectos analgésicos mediados por beta-endorfinas al aumentar el flujo sanguíneo y la eliminación de citocinas proinflamatorias (Horton et al., 2023).

### *Efectos adversos y riesgos*

En cuanto a los efectos adversos de la radiación IR, una sobreexposición puede provocar quemaduras térmicas y urticaria por calor. La exposición crónica puede acelerar el envejecimiento celular y aumentar el riesgo de carcinogénesis (Horton et al., 2023).

### *Metodología de aplicación*

Durante todo el proceso, la seguridad del paciente es imprescindible. Esto incluye la evaluación del área a tratar, prestando atención a cicatrices, tatuajes, quemaduras o implantes metálicos, pues estas zonas pueden ser más sensibles o concentrar el calor de forma peligrosa. También se debe detectar el uso de medicamentos que puedan alterar la sensibilidad térmica o la circulación.

Es obligatorio el uso de protección ocular si se utilizan fuentes de IR muy intensas o con riesgo de deslumbramiento, aunque el riesgo es menor que con la UV. Igualmente, es crucial cubrir áreas sensibles o no afectadas.

En la aplicación terapéutica de radiación IR térmica (IR-B e IR-C), la dosificación se controla mediante la intensidad, la distancia de la fuente a la piel y el tiempo de exposición. El objetivo es causar una sensación de calor agradable que se mantenga estable. Suele realizarse una aplicación de entre 10 y 15 minutos, con una distancia de aplicación entre 45 y 75 cm, dependiendo de la intensidad a la que emita el equipo (Calvo Seco & Hernández Sánchez, 2021; Tsagkaris et al., 2022).

En la aplicación de IR-A para conseguir un efecto fotobiomodulador, la dosis tiene especial relevancia, pues una dosis demasiado alta puede ser ineficaz o incluso perjudicial. Asimismo, no hay consenso sobre una dosis determinada, por lo que la aplicación estará guiada por la experiencia clínica y las sensaciones del paciente (Taylor et al., 2020).

### *Indicaciones*

La radiación IR está indicada para condiciones como la artrosis de rodilla, úlceras por decúbito, déficits metabólicos superficiales, lesión subaguda o crónica de tejido musculoesquelético aunque cursen con edema, la fibromialgia, el síndrome de dolor miofascial crónico y la sacroileítis (Rodríguez Martín, 2014; Tsagkaris et al., 2022).

### *Contraindicaciones*

La radiación IR está contraindicada en pacientes con sensación térmica cutánea deteriorada, defectos de circulación superficial, dermatitis o eczema, cáncer, daño cutáneo asociado a radiación ionizante, cicatrices queloideas, derrames recientes, tromboflebitis, fiebre e infecciones activas (Rodríguez Martín, 2014; Tsagkaris et al., 2022).

El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

### *Caso clínico*



*Vídeo 21. Infrarrojos para contracturas*

## Tema 12: Laserterapia

### *Características*

La terapia láser (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation) es una técnica de fototerapia de alta potencia, pues aplica gran cantidad de energía concentrada en un punto. Asimismo, en fisioterapia el empleo del láser se realizará de forma controlada, sin producir daño celular. Las características del rayo láser son no divergencia, coherencia, monocromatismo y alta potencia

El haz láser avanza en línea recta, siempre que no pase por medios con distintas densidades. Además, el haz está compuesto por radiaciones de igual longitud de onda, por lo que se mantiene el mismo color en todo el rayo, siendo ondas monocromáticas.

Los fotones de un rayo láser, a diferencia de un haz de luz convencional, se mueven de forma coherente y organizada, dirigiéndose todos los fotones hacia el mismo punto, por lo que la distancia no influye en la potencia (Rodríguez Martín, 2014).

### *Clasificación*

En función de su potencia, clasificamos el láser en I, II, III y IV.

Las clases I y II emiten luz roja visible con una potencia muy baja, por lo que no calientan ni producen efectos apreciables en la piel. Sin embargo, existe un riesgo de lesión ocular si se mira el haz directamente y de forma prolongada. Sus aplicaciones son principalmente de uso cotidiano y comercial, incluyendo lectores de barras en comercios, lectores de CD, impresoras láser y punteros para conferencias, y no poseen aplicaciones médicas.

Las clases III tienen una potencia media, generalmente inferior a 50 mW y pueden emitir luz roja visible o infrarroja no visible. Se utilizan en fisioterapia en la terapia por láser de baja intensidad (LLLT), con potencias entre 20 y 100 mW. Aunque no tienen un efecto térmico apreciable ni producen lesiones cutáneas en una aplicación normal, son peligrosos si alcanzan los ojos. El riesgo es mayor con la luz infrarroja porque no se ve y no provoca la contracción de las pupilas.

Por esta razón, el paciente y el terapeuta deben usar gafas especiales de protección.

La clase IV incluye los láseres de potencia más elevada, superiores a 0,5 W, y son los más peligrosos. Su alta energía produce destrucción tisular, incluso con vaporización de los tejidos. Sus aplicaciones principales son en el ámbito médico, donde se utilizan en cirugía para coagulación o corte, tratamiento de tumores, eliminación de capas superficiales de la piel y cauterizaciones puntuales en oftalmología. Algunos de estos láseres pueden ser utilizados en fisioterapia, pero siempre en dosis muy bajas y bajo estrictos protocolos de seguridad.

Esta clasificación podemos simplificarla en láser de alta intensidad (clase IV); mayor a 0,5 W, y láser de baja intensidad (clase I, II y III); menor a 0,5 W.

El rayo láser puede producirse mediante el paso por un diodo semiconductor o mediante descargas eléctricas sobre ciertos gases. La longitud de onda del láser dependerá del tipo de átomo que emita los fotones (Ahmad et al., 2022; Rodríguez Martín, 2014).

### ***Efectos terapéuticos***

El láser produce un efecto antiinflamatorio y analgésico, además de fotobiomodular a la célula, aumentando la síntesis de ATP y la regeneración celular.

El sitio primario de acción para los efectos iniciales de la luz es la mitocondria. El principal fotorreceptor que absorbe la luz roja y casi infrarroja (entre 600 y 1100 nm) en las células de mamíferos es la enzima citocromo c oxidasa. Esta enzima es el complejo terminal de la cadena de transporte de electrones y es vital para la bioenergética celular. La absorción de fotones por dicha enzima la lleva a estados excitados electrónicamente, lo que acelera reacciones de transferencia de electrones. Este aumento en el transporte de electrones provoca una mayor producción de ATP. El aumento de ATP y el gradiente de protones impulsan la actividad de los transportadores iónicos y las bombas impulsadas por ATP, como la sodio-potasio-ATPasa y las

bombas de calcio, controlando así los niveles de segundos mensajeros importantes como calcio y AMPc.

Otro mecanismo involucra al óxido nítrico (NO). El NO inhibe la actividad del citocromo c oxidasa al competir con el oxígeno por la enzima. La luz láser de bajo nivel puede revertir esta inhibición al fotodisociar el NO de sus sitios de unión en el citocromo c oxidasa, aumentando la respiración celular.

El láser también induce una generación controlada de bajos niveles de especies reactivas de oxígeno. Estas actúan como moléculas de señalización que activan factores de transcripción que regulan la expresión de genes relacionados con la proliferación, migración y reparación celular, contribuyendo a la cicatrización de heridas, la regeneración nerviosa y la reducción de la inflamación.

La absorción de la energía del láser por parte de cromóforos (moléculas que absorben energía luminosa de una longitud de onda específica) como el agua, la melanina y la hemoglobina genera una fuente de calor que eleva la temperatura del tejido, por ello su efecto térmico. (Ansari et al., 2013; Farivar et al., 2014).

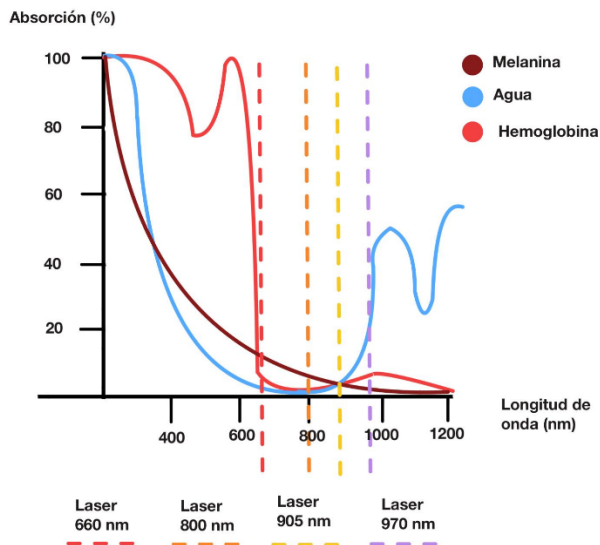


Ilustración 60. Gráfica de absorción según la longitud de onda

Como vemos en la Ilustración 60, en función de la longitud de onda los cromóforos absorberán distinta cantidad de energía. Cuanta menos cantidad de energía absorban estos cromóforos, mayor será la penetración del haz láser. Es por ello que se aplican longitudes de ondas que coinciden con los puntos más bajos de la curva de absorción de los cromóforos. Estas longitudes de ondas son las más empleadas en el láser de alta potencia, siendo la longitud de onda de 660 nm un tipo de láser visible, que se emplea para controlar la dirección del haz.

### ***Metodología de aplicación***

Se debe seleccionar el tipo de láser apropiado según la patología del paciente, pues el láser de alta potencia deposita una dosis mucho mayor, lo que lo hace terapéuticamente más efectivo para alcanzar y tratar estructuras profundas o para lograr efectos térmicos, obteniendo resultados de forma más sostenida en el tiempo. También puede realizarse una emisión de láser continua o pulsátil (Ash et al., 2017; Khalilzad et al., 2024).

Para la aplicación del láser, se colocará al paciente en una posición cómoda y se desnudará la zona a tratar. Luego, se orientará el láser hacia la zona a tratar y se seleccionará la dosis. Tras ello, el equipo calculará automáticamente el tiempo de aplicación en función de su potencia y la distancia entre la fuente del láser y la piel.

Es fundamental proteger los ojos del fisioterapeuta y paciente con gafas protectoras, además de controlar la sensación térmica del paciente, sin provocar quemaduras.

La longitud de onda del láser es un parámetro relevante en la fotobiomodulación porque, al igual que la potencia, determina la profundidad de penetración de la luz en el tejido. Para alcanzar patologías en tejidos profundos se necesitan longitudes de onda con mínima absorción por cromóforos superficiales como la melanina o el agua. Asimismo, suelen emplearse láser con longitudes de ondas del espectro infrarrojo.

El láser puede aplicarse a través de sistemas de cañón, bien directamente del tubo resonador a través de un orificio en el chasis,

directamente, pero reflejado y dirigido por espejos, o bien conducido por fibra óptica. También puede aplicarse mediante sistemas de diodo. Véase Ilustración 61.



*Ilustración 61. Aplicación mediante sistema diodo y sistema de cañón, respectivamente*

A diferencia de las terapias con infrarrojos o ultravioletas, la terapia láser concentra los fotones en un mismo punto, por lo que se podrá realizar una aplicación puntual, un barrido de puntos, un barrido de línea o en forma de cono divergente, en función la extensión de la zona a tratar (Penberthy & Vorwaller, 2021; Rodríguez Martín, 2014).



*Vídeo 22. Programación de láser de alta intensidad*

### **Indicaciones**

El láser está indicado en procesos ulcerosos, varices, tenosinovitis, capsulitis, bursitis, periostitis, entesitis, artrosis, artritis, fibromialgia, fibroneuralgia, fascitis, desgarros tisulares, derrames y hematomas (Rodríguez Martín, 2014).

## ***Contraindicaciones***

La terapia láser está contraindicada de forma absoluta en irradiación directa o diferida sobre la retina, tumores, en tiroides y paratiroides, en larga exposición en mastopatías, en alta frecuencia en mucosas y regiones ricas en melanina y en el vértice craneal en epilépticos.

Además, es contraindicación relativa en arritmias y cardiopatías, pacientes con marcapasos implantados, neoplasias, infecciones agudas, embarazo e ingesta de fármacos fotosensibilizantes.

El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

# BLOQUE TEMÁTICO

## MAGNETOTERAPIA

V:

### Tema 13: Magnetoterapia

#### *Características*

La magnetoterapia consiste en la aplicación de campos magnéticos controlados y artificiales con fines terapéuticos.

A diferencia de otras modalidades de electroterapia que se centran en la aplicación directa del componente eléctrico de la energía electromagnética a través de electrodos, la magnetoterapia se enfoca en el componente magnético. La base física de la magnetoterapia reside en las Leyes de Maxwell, que unifican los campos eléctrico y magnético. Estas explican cómo la corriente eléctrica que circula por las bobinas del equipo genera un campo magnético. Véase Ilustración 62. Además, otro mecanismo clave consiste en que la variación de ese campo magnético externo induce, de forma secundaria, microcorrientes eléctricas dentro de los tejidos del cuerpo.

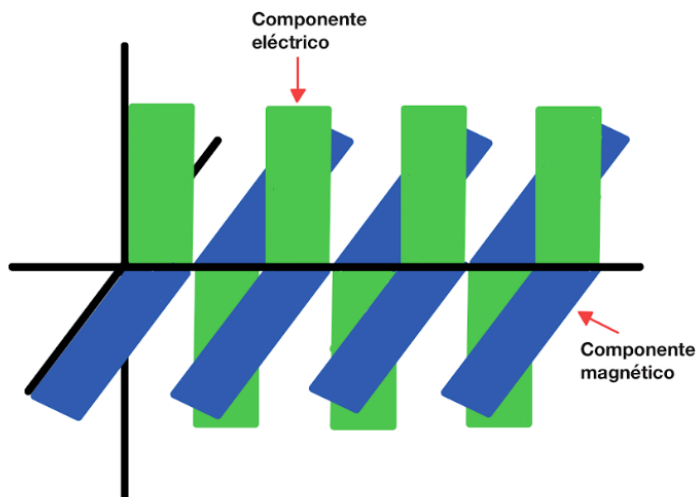


Ilustración 62. Gráfica de campos magnéticos y su componente eléctrico

Las unidades para el flujo magnético son el maxwell; para el sistema cegesimal de unidades (CGS), y el weber; para el sistema internacional (SI). Asimismo, para medir la intensidad o densidad del campo magnético se emplea el Tesla (T) por el SI, o el Gauss (G) por el sistema CGS.

$$1 \text{ Tesla} = 1 \text{ weber} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ Gauss} = 1 \text{ maxwell} / \text{cm}^2$$

$$1 \text{ Tesla} = 10.000 \text{ Gauss}$$

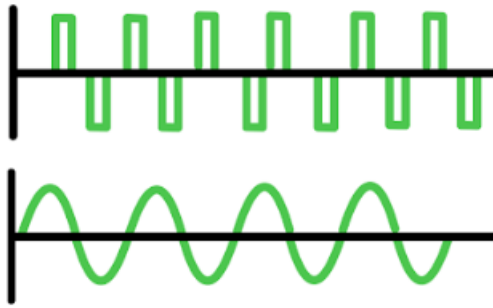
$$0,1 \text{ mT} = 1 \text{ Gauss}$$

La emisión de campos magnéticos puede realizarse de forma continua, alterna o pulsada.

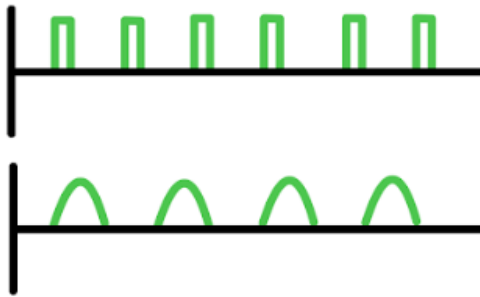
La emisión continua genera un campo constante en el tiempo, manteniendo una polarización magnética sostenida. Por otro lado, la emisión alterna está formado por ondas sinusoidales, rectangulares o triangulares, y produce un campo que cambia su polaridad y dirección periódicamente. Finalmente, la emisión pulsada también está formada por ondas sinusoidales, rectangulares o triangulares, y emite el campo en ráfagas o paquetes de energía discretos con periodos de descanso intermedios, manteniendo siempre la misma polaridad (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 63, Ilustración 64 e Ilustración 65.



*Ilustración 63. Gráfica de campo magnético de emisión continua*



*Ilustración 64. Gráfica de campos magnéticos de emisión alterna*



*Ilustración 65. Gráfica de campos magnéticos de emisión pulsada*

Los campos magnéticos pulsados y alternos, al producir variaciones en la energía electromagnética, también induce microcorrientes eléctricas en los tejidos.

### ***Efectos terapéuticos***

La magnetoterapia tiene efecto analgésico, antiinflamatorio, osteogénico, vasodilatador, de regeneración tisular y potenciación muscular.

Las hipótesis actuales sugieren que el campo magnético puede modular la señalización celular y la respuesta inflamatoria. Se ha observado que influye en la modulación de las cascadas de señalización del óxido nítrico dependientes de la calmodulina, promoviendo la eliminación de sustancias inflamatorias, y estimula la liberación de citoquinas antiinflamatorias a través de los receptores de adenosina. Además, la literatura científica sugiere que la exposición a

campos electromagnéticos afecta la percepción del dolor, la nocicepción y la analgesia mediada por opiáceos (Paolucci et al., 2020).

El mecanismo de acción osteogénico de los campos magnéticos se basa en la mecanotransducción de un estímulo biofísico (campos magnéticos) en señales bioquímicas, modulando las distintas fases de la curación ósea y promoviendo la diferenciación osteogénica de las células madre mesenquimales al activar rutas de señalización, lo que resulta en la sobreexpresión de genes formadores de hueso. También activan las vías para favorecer la proliferación y diferenciación celular (Caliogna et al., 2021).

El mecanismo de acción vasodilatador de la magnetoterapia se basa principalmente en su capacidad para incrementar la producción y liberación de óxido nítrico desde las células endoteliales. Este aumento conduce a la relajación de los vasos sanguíneos y, por ello, la disminución de la resistencia vascular periférica, ayudando a reducir la presión arterial. Asimismo, favorece la vasodilatación al modular las vías de señalización de calcio-calmodulina, que controlan la contracción del músculo liso vascular, y al regular al alza la expresión de péptidos vasodilatadores (Pakhan et al., 2024).

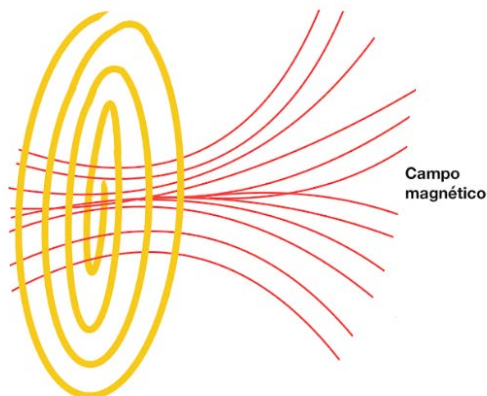
El mecanismo de acción propuesto para la potenciación muscular sugiere que los campos magnéticos facilitan la excitabilidad y el reclutamiento neuromuscular, posiblemente a través de mecanismos celulares que incluyen la modulación de la señalización del calcio y los cambios en la permeabilidad de la membrana, lo que amplifica las vías dependientes de calcio y mejora los mecanismos de contracción. Este aumento del flujo de calcio facilita la cascada del óxido nítrico, estimulando la vasodilatación y la mejora de la perfusión muscular, lo que en conjunto potencia la activación muscular durante el ejercicio (Li et al., 2025; Trofè et al., 2025).

### ***Metodología de aplicación***

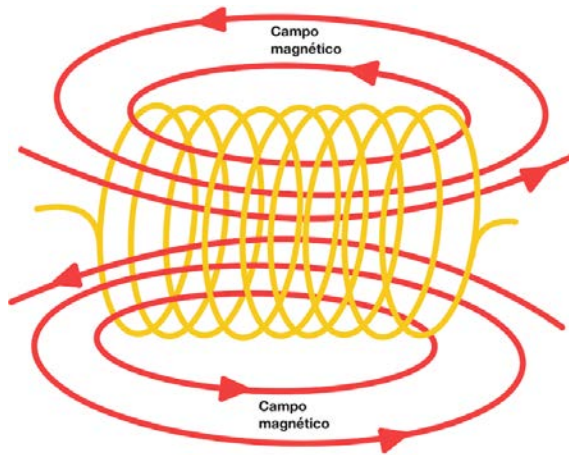
Según la generación del campo magnético, distinguimos entre solenoides y bobinas. El método de generación de campo magnético mediante un solenoide de campo interior se basa en hacer circular una corriente eléctrica a través de un alambre conductor enrollado en

forma de hélice cilíndrica. Este diseño concentra y alinea los campos magnéticos individuales de cada espira, creando un campo magnético que es notablemente intenso, uniforme y paralelo al eje en el volumen de su interior. La intensidad de este campo es directamente proporcional a la corriente y a la densidad de espiras, siendo esta una técnica fundamental para generar campos magnéticos potentes y confinados. Véase Ilustración 67.

La aplicación mediante bobinas de consiste en un par de bobinas idénticas y paralelas separadas una distancia igual a su radio, cuyo propósito es generar una región de campo magnético altamente uniforme en el espacio central entre ellas al aplicar una corriente (Rodríguez Martín, 2014). Véase Ilustración 66.



*Ilustración 66. Emisión de campos magnéticos mediante bobina*



*Ilustración 67. Emisión de campos magnéticos mediante solenoide*

La literatura científica no ofrece unos parámetros de dosificación sólidos, por lo que se necesita más investigación para estandarizar tratamientos, parámetros y conocer sus efectos fisiológicos.

Por otro lado, la magnetoterapia alterna y pulsada permite realizar aplicaciones desde 1 hasta 5.000 Hz, o incluso de mayor frecuencia, empleando corrientes portadoras de kHz o MHz (Rodríguez Martín, 2014).

Durante la aplicación, el paciente no notará nada, excepto si se emplean campos magnéticos pulsados o alternos, orientados a la estimulación y fortalecimiento muscular.

### ***Indicaciones***

La magnetoterapia está indicada en patologías musculoesqueléticas, del sistema circulatorio, patología neurológica y de la piel, así como para potenciación muscular. (Paolucci et al., 2020; Ross et al., 2019; Somaa et al., 2022; Stewart et al., 2020).

### ***Contraindicaciones y precauciones***

La magnetoterapia está contraindicada en embarazadas, en el área cardíaca de pacientes cardiopatas, enfermedad infecciosa, pacientes con marcapasos y procesos cancerígenos.

Además, se debe evitar los accesorios o aparatos metálicos, tanto en el paciente como en las proximidades, ya que pueden interferir con el campo magnético (Rodríguez Martín, 2014).

El Anexo 1 se dedica exclusivamente a las contraindicaciones de las diferentes técnicas que se ven en el manual.

### **Casos clínicos**



*Vídeo 23. Magnetoterapia para artrosis de rodilla*



*Vídeo 24. Magnetoterapia para cefalea*



*Vídeo 25. Magnetoterapia para epicondilitis*



*Vídeo 26. Magnetoterapia para fortalecimiento de cuádriceps*



*Vídeo 27. Magnetoterapia para fractura bimaleolar*



*Vídeo 28. Magnetoterapia para fractura del quinto meta*



*Vídeo 29. Magnetoterapia para puntos gatillo miofasciales*

# BLOQUE TEMÁTICO VI: MISCELÁNEA

## Tema 14: Tecarterapia

### *Características*

La tecarterapia es una técnica de diatermia que consiste en el empleo ondas electromagnéticas de alta frecuencia para generar un aumento de la temperatura desde el interior del cuerpo. No es una aplicación de calor externo, sino que la energía electromagnética se transfiere al tejido biológico, estimulando los mecanismos de curación y recuperación (Rodríguez Martín, 2014).

Su nombre se debe a las siglas de Transferencia de Energía Capacitiva y Resistiva y aplica frecuencias entre 0,3 y 1,2 MHz.

El tratamiento con tecarterapia puede realizarse mediante un campo capacitivo, o bien mediante un campo resistivo. Para ambos se empleará un cabezal activo y una placa de retorno.

### *Campo capacitivo*

La transferencia de energía capacitiva utiliza un electrodo activo que está aislado, para crear un campo eléctrico entre la placa de retorno y la piel del paciente. Este modo se dirige a los tejidos con alto contenido de agua, como los músculos y los tejidos subcutáneos. El calentamiento es selectivo y localizado en los tejidos blandos, lo que promueve la vasodilatación, aumenta el flujo sanguíneo y mejora la actividad metabólica.

Al aplicar la corriente de radiofrecuencia, el aislamiento del cabezal activo impide el paso directo de la corriente a través de la piel, forzando a que la energía se transfiera por acoplamiento capacitivo y se concentre en el tejido blando, rico en agua, que está inmediatamente debajo y alrededor del electrodo.

### *Campo resistivo*

En cambio, la transferencia de energía resistiva emplea un electrodo no aislado y está diseñada para alcanzar tejidos más profundos con mayor resistencia. Esto incluye estructuras densas como los huesos,

tendones y ligamentos. Este modo permite una penetración de energía más profunda, facilitando la generación de calor en estas estructuras, lo que genera un efecto antiinflamatorio y estimula la producción de colágeno.

El electrodo activo en este modo no tiene aislamiento, es completamente metálico. Al no tener la capa aislante, no funciona como una placa de condensador. En su lugar, la corriente eléctrica de alta frecuencia pasa directamente a través del contacto con la piel. Por ello, es imprescindible el uso de una crema o gel conductor específico para garantizar el contacto eléctrico y evitar quemaduras superficiales (Beltrame et al., 2020; Lupowitz et al., 2025; Rodríguez Martín, 2014).

### ***Efectos terapéuticos***

La aplicación de TECAR utiliza energía de radiofrecuencia para generar calor dentro de los tejidos. Este calor inducido provoca una vasodilatación, lo que resulta en un aumento del flujo sanguíneo (hiperemia). Este aumento en la circulación es crucial, pues facilita la entrega de oxígeno y nutrientes a la zona tratada para la reparación tisular, a la vez que mejora la eliminación de productos de desecho metabólico. Este efecto térmico y circulatorio ayuda a reducir los espasmos y la tensión muscular.

A nivel celular, la tecarterapia induce efectos bioeléctricos al influir en el intercambio de iones dentro de las células, lo que afecta el potencial de membrana y mejora la función celular. Esta bioestimulación promueve la reparación y regeneración a nivel celular al estimular el metabolismo celular. También ejerce un efecto antiinflamatorio y antifibrótico. Reduce la expresión de factores de transcripción proinflamatorios y disminuye la producción de matriz extracelular, como el colágeno tipo I y III. Este mecanismo antifibrótico se refuerza con un aumento en la expresión de metaloproteinasas, que facilitan la degradación del colágeno, lo que sugiere que puede modular las vías moleculares asociadas con la inflamación y la fibrosis.

Aparte de los efectos electromagnéticos y bioeléctricos, la TECAR produce efectos mecánicos debido a microvibraciones inducidas que contribuyen al proceso de curación (Lupowitz et al., 2025).

## Metodología de aplicación

Para que la tecarterapia sea efectiva, es esencial cerrar el circuito eléctrico. Por ello, es fundamental colocar la placa de retorno en contacto directo con la piel del paciente. Si el contacto no es óptimo, se puede utilizar gel conductor para mejorar la conductividad. Además de ayudar a cerrar el circuito, el gel conductor se aplica sobre la zona a tratar para reducir la impedancia de la piel y mejorar la conductividad de las ondas.

El gel también cumple una función de seguridad: facilita el deslizamiento constante del cabezal. Este movimiento ininterrumpido es crucial para prevenir quemaduras en el paciente durante el tratamiento.

La selección de la aplicación más adecuada (resistiva o capacitiva) depende de la profundidad a la que actúa cada modalidad de tecarterapia y la estructura específica que se quiera tratar.

La tecarterapia, como otros tipos de terapias diatérmicas, no se dosifica con una unidad de medida estándar, como julios o vatios por centímetro cuadrado. En su lugar, la dosis se define principalmente por la percepción térmica subjetiva del paciente

Una opción de aplicación es la forma atérmica, que se realiza mediante la emisión de ondas pulsadas. Este enfoque se utiliza típicamente en procesos agudos o muy inflamados, donde se busca que la percepción térmica del paciente sea muy baja (submitis) o moderada (mitis), evitando generar un calor intenso. Por otro lado, en procesos crónicos la intensidad será moderada (mitis) o agradable (normalis). Véase Tabla 8.

DOSIS		SENSACIÓN DE CALOR PERCIBIDO
I.	<b>Submitis</b>	No percibe calor
II.	<b>Mitis</b>	Sensación de calor suave, muy tenue
III.	<b>Normalis</b>	Sensación de calor agradable y tolerable
IV.	<b>Fortis</b>	Sensación de calor muy intenso, casi intolerable

Tabla 8. Intensidad de la dosis según calor percibido

Una vez iniciada la aplicación, la intensidad de la emisión se puede regular. El objetivo es ajustar la percepción de calor para que sea mayor o menor, basándose en la percepción subjetiva del paciente para garantizar confort y seguridad.

Es importante tener en cuenta que en la actualidad no existen recomendaciones ni protocolos estandarizados firmes sobre el tiempo de aplicación, la intensidad o la frecuencia de las sesiones de tecarterapia. Por esta razón, la práctica y la experiencia clínica del terapeuta son las variables que determinarán estos parámetros para cada paciente y patología concretos (Lupowitz et al., 2025).

### ***Indicaciones***

La tecarterapia se indica principalmente para el tratamiento de una amplia gama de dolores agudos, crónicos y patologías musculoesqueléticas en la rehabilitación traumatológica y deportiva, como tendinopatías, esguinces, dolor lumbar crónico, pinzamiento de hombro, capsulitis adhesiva y espasticidad. También se emplea para mejorar parámetros biomecánicos y el rendimiento deportivo (Lupowitz et al., 2025).

Otra aplicación para la TECAR es la estética, pues se emplea para la mejora del contorno corporal, rejuvenecimiento facial, tratamiento de cicatrices, rosácea y alopecia (Hernández-Bule et al., 2023; Oliveira Paggiaro et al., 2021).

### ***Contraindicaciones***

La tecarterapia está contraindicada en el embarazo; especialmente en la zona abdominal y pélvica, en pacientes con marcapasos u otros dispositivos electrónicos, procesos tumorales, infecciones activas, trombosis venosa profunda, tromboflebitis, pacientes con alteraciones cardiovasculares severas y personas sensibles a los campos electromagnéticos (Lupowitz et al., 2025).

## Casos clínicos



*Vídeo 30. Tecarterapia capacitiva para epicondilitis*



*Vídeo 31. Tecarterapia capacitiva para estrías (fisoestética)*



*Vídeo 32. Tecarterapia capacitiva para síndrome de dolor miofascial*



*Vídeo 33. Tecarterapia resistiva para dolor de muñeca*



*Vídeo 34. Tecarterapia resistiva para dolor de rodilla*

## Tema 16: Biofeedback

### *Concepto*

La retroalimentación (feedback) constituye un principio regulador fundamental e inherente a la mayoría de los sistemas. La homeostasis orgánica se mantiene mediante bucles de biofeedback involuntarios que ajustan y equilibran parámetros fisiológicos de manera continua y automática.

El biofeedback en fisioterapia es una técnica de retroalimentación que utiliza sensores para medir una actividad biológica involuntaria del cuerpo, como la tensión muscular o el ritmo cardíaco, y presenta esta información al paciente en tiempo real, a menudo mediante una pantalla o sonidos. Este proceso permite al paciente tomar consciencia de esa actividad interna y aprender a modificarla y controlarla voluntariamente para mejorar su salud o rendimiento.

Existe una gran oferta de aparatos tecnológicos que permiten realizar el control a tiempo real de parámetros como la percepción sensorial, la presión mecánica, el ritmo cardíaco, la humedad...

El biofeedback es una técnica que ofrece múltiples ventajas para el paciente. Una de ellas es la ausencia de sensaciones desagradables, lo que contribuye a una mejor aceptación del tratamiento. Además, fomenta la participación activa del paciente en su recuperación. También permite comparar la respuesta del lado afectado con el lado sano para establecer una referencia y ayuda a mostrar el objetivo deseado de la rehabilitación. Esto facilita que el paciente pueda apreciar de forma objetiva su evolución, sirviendo como motivación. Su naturaleza adaptable permite aplicarlo tanto en niños como en ancianos (Rodríguez Martín, 2014).

### *Miofeedback*

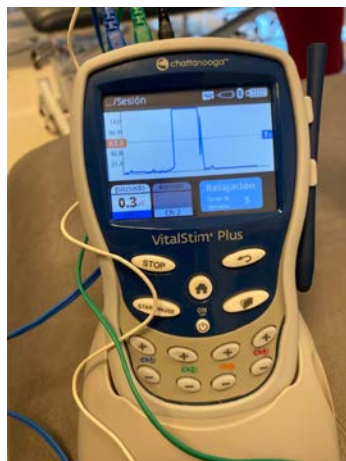
Un tipo de biofeedback muy empleado en fisioterapia es el miofeedback, es decir, registrar y representar al paciente su actividad eléctrica muscular.

Esta técnica puede combinarse con electroestimulación para potenciar la actividad al paciente, implementando trenes de impulsos cuando el paciente llega a cierto nivel de activación, lo que aumenta el reclutamiento de fibras musculares y refuerza la contracción muscular (Rodríguez Martín, 2014).

### *Metodología de aplicación*

Para aplicar la metodología de miofeedback, se empieza con la explicación al paciente sobre los objetivos a alcanzar y cómo se desarrollará la tarea. Es importante que los objetivos sean alcanzables en la sesión para asegurar una mejora progresiva. Después, se debe encender el equipo para verificar su correcto funcionamiento y realizar la limpieza de la piel del paciente, facilitando así la conducción eléctrica. A continuación, se colocan los electrodos en la zona con el mejor tono muscular. Por último, se seleccionan los tiempos de contracción y descanso basándose en la capacidad del paciente, para luego realizar las modificaciones pertinentes en estos parámetros para optimizar el entrenamiento.

Existen dos métodos en función del objetivo que queramos lograr; el método activo y el método pasivo. El método activo consiste en realizar un trabajo muscular con el objetivo de aumentar la activación. Por otro lado, en el método pasivo se pretende disminuir la activación muscular.



*Ilustración 68. Aparato de miofeedback registrando actividad mediante electromiografía*

La actividad eléctrica registrada se mide en microvoltios ( $\mu V$ ). Primero aparecerá representada en una columna que se iluminará en función de la actividad, donde estableceremos los objetivos a conseguir. Luego, se podrá observar la representación electromiográfica de la musculatura seleccionada, que servirá de apoyo visual al paciente en la activación (Rodríguez Martín, 2014).

### ***Indicaciones***

Las técnicas con biofeedback pueden emplearse para entrenamiento del control mental, control del estrés, control del dolor, control del ritmo cardíaco, relajación para generar ondas alfa, control de la tensión sanguínea, control de procesos respiratorios, control de temperatura corporal, incontinencias nocturnas, tics nerviosos e hiperhidrosis.

Más específicamente, el miofeedback está indicado en parálisis parciales, parálisis centrales, parálisis cerebral infantil, incontinencia, entrenamiento en personas amputadas para implementar prótesis mioeléctricas, perfeccionamiento de movimientos, fortalecimiento de músculos atroficos no integrados, potenciación muscular, elongación muscular, entrenamiento de propiocepción y restablecimiento de funciones neuromusculares perdidas, entrenamiento de marchas y gestos, control postural, contracturas musculares y dolor en lumbalgias, entesitis, mialgias o tendinitis (Alouini et al., 2022; Rodríguez Martín, 2014).

### ***Contraindicaciones***

El biofeedback se considera un proceso seguro, sin contraindicaciones absolutas. Las mayores precauciones deben ser tomadas cuando lo acompañemos de estimulación neuromuscular. En dicho caso, las contraindicaciones serán las mismas que para las corrientes de baja frecuencia (Malik & Dua, 2025).

## *Caso clínico*



*Vídeo 35. Biofeedback en musculatura supra e infrahoidea*

## ANEXO 1: CONTRAINDICACIONES

En las siguientes tablas se recogen las contraindicaciones de aplicación de los principales procedimientos fisioterápicos basados en agentes electrofísicos:

CONTRAINDICACIÓN PRECUACUCIÓN	Gestación (en la región fetal)	Gestación (en cualquier localización)	Neoplasia maligna	Tejido especializado	Implantes activos, como marcapasos	Epfisis activa	Implantes metálicos	Insuficiencia circulatoria local	Epilepsia	Tejido desvitalizado	Tejido sangrante	PRUEBA TÉRMICA CUTÁNEA	PRUEBA CUTÁNEA AGUDA/ROMA
AGENTE													
ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA													
GENÉRICA				OT					C			•	✓
INTERFERENCIAL				OT					C			•	✓
DE BAJA FRECUENCIA				OT					C			•	✓
TENS y NMP				OT					C			•	✓
NO TÉRMICO													
LÁSER				OT								•	•
ONDA CORTA PULSADA				OT								•	•
ULTRASONIDOS				OT								•	•
TÉRMICO													
BOLSAS CALIENTES				O								V	•
INFRARROJOS				O								V	•
MICROONDAS				OT								V	•
ONDA CORTA (CONT./PULSADA)				OT								V	•
ULTRASONIDOS				OT								V	•
CERA				O								V	•
OTROS													
BIORETROALIMENTACIÓN (SIN ESTIMULACIÓN)												•	•
TRATAMIENTO MEDIANTE FRÍO				O								V	•
ULTRAVIOLETA													•

Tabla 9. Contraindicaciones 1/2

CONTRAINDICACIÓN PRECAUCIÓN	Gestación (en la región fetal)	Gestación (en cualquier localización)	Neoplasia maligna	Tejido especializado	Implantes activos, como marcapasos	Epifisis activa	Implantes metálicos	Insuficiencia circulatoria local	Epilepsia	Tejido desvitalizado	Tejido sangrante	PRUEBA TÉRMICA CUTÁNEA	PRUEBA CUTÁNEA AGUDA/ROMA
AGENTE													
CAMPOS MAGNÉTICOS				O T					C			•	•
tDCS												•	•
	O= OJO T= TESTÍCULO								C= CUELLO				
		CONTRAINDICACIÓN											
		CONTRAINDICACIÓN LOCAL											
		PRECAUCIÓN											
		SIN EFECTO ADVERSO CONOCIDO											
		VÉASE EL AGENTE ESPECÍFICO											
		NECESARIO									V		
		NO NECESARIO									•		

Tabla 10. Contraindicaciones 2/2

# ANEXO 2: SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE DOSIFICACIÓN DE US

## EJERCICIO 1

Potencia ajustada:  $0,5 \text{ W/cm}^2$   
 Área real de emisión (ERA):  $6 \text{ cm}^2$   
 Modo de emisión: continuo  $\longrightarrow$  100% de emisión  $\longrightarrow$  1  
 Superficie:  $10 \text{ cm}^2$   
 Dosis:  $36 \text{ J/cm}^2$

$$\text{Tiempo de aplicación} = \frac{\text{Dosis} \times \text{Superficie a tratar}}{\text{Potencia del cabezal}} = \frac{\text{J/cm}^2 \times \text{cm}^2}{\text{W/cm}^2 \times \text{ERA} \times \% \text{ de emisión}}$$

A. Calcular el tiempo total de aplicación.

$$W = \text{J/segundos}$$

$$\text{Tiempo de aplicación} = \frac{36 \text{ J/cm}^2 \times 10 \text{ cm}^2}{0,5 \text{ W/cm}^2 \times 6 \text{ cm}^2 \times 1} = 120 \text{ segundos}$$

B. Calcular la potencia ajustada para un modo de emisión pulsante al 50%, manteniendo la misma potencia eficaz.

100% de emisión  $\longrightarrow$  0,5

$$\frac{36 \text{ J/cm}^2 \times 10 \text{ cm}^2}{0,5 \text{ W/cm}^2 \times 6 \text{ cm}^2 \times 1} = \frac{36 \text{ J/cm}^2 \times 10 \text{ cm}^2}{? \text{ W/cm}^2 \times 6 \text{ cm}^2 \times 0,5}$$

$$? \text{ W/cm}^2 = \frac{36 \text{ J/cm}^2 \times 10 \text{ cm}^2 \times 0,5 \text{ W/cm}^2 \times 6 \text{ cm}^2 \times 1}{36 \text{ J/cm}^2 \times 10 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ cm}^2 \times 0,5} = 1 \text{ W/cm}^2$$

*Ilustración 69. Ejercicio 1 US*

## EJERCICIO 2

Si aplicamos US a una intensidad de  $1,5 \text{ W/cm}^2$  con el cabezal de  $5 \text{ cm}^2$  de ERA y  $3 \text{ MHz}$ , en modo pulsante al  $20\%$  del tiempo de trabajo durante  $5$  minutos en un área de  $20 \text{ cm}^2$  de piel, ¿qué dosis hemos de aplicar en cada  $\text{cm}^2$ ?

$20\%$   $\longrightarrow$   $0,2$

$5$  minutos  $\longrightarrow$   $300$  segundos

$W = \text{J/segundos}$

$$300 \text{ segundos} = \frac{? \text{ J/cm}^2 \times 20 \text{ cm}^2}{1,5 \text{ W/cm}^2 \times 5 \text{ cm}^2 \times 0,2}$$

$$? \text{ J/cm}^2 = \frac{1,5 \text{ W/cm}^2 \times 5 \text{ cm}^2 \times 0,2}{300 \text{ segundos} \times 20 \text{ cm}^2} = 22,5 \text{ J/cm}^2$$

*Ilustración 70. Ejercicio 2 US*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. A., A Hamid, M. S., & Yusof, A. (2022). Effects of low-level and high-intensity laser therapy as adjunctive to rehabilitation exercise on pain, stiffness and function in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*, *114*, 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2021.03.011>
- Alouini, S., Memic, S., & Couillandre, A. (2022). Pelvic Floor Muscle Training for Urinary Incontinence with or without Biofeedback or Electrostimulation in Women: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(5), 2789. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052789>
- Álvarez, G., Sala, X., & Balias, R. (2007). *Ecografía musculoesquelética*. Editorial Paidotribo. <https://elibro.net/es/ereader/uma/114922>
- Ansari, M. A., Erfanzadeh, M., & Mohajerani, E. (2013). Mechanisms of Laser-Tissue Interaction: II. Tissue Thermal Properties. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, *4*(3), 99-106.
- Asensio-Olea, L., Leirós-Rodríguez, R., Marqués-Sánchez, M. P., de Carvalho, F. O., & Maciel, L. Y. S. (2023). Efficacy of percutaneous electrolysis for the treatment of tendinopathies:

- A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 37(6), 747-759. <https://doi.org/10.1177/02692155221144272>
- Ash, C., Dubec, M., Donne, K., & Bashford, T. (2017). Effect of wavelength and beam width on penetration in light-tissue interaction using computational methods. *Lasers in Medical Science*, 32(8), 1909-1918. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2317-4>
- Barolet, D., Christiaens, F., & Hamblin, M. R. (2016). Infrared and skin: Friend or foe. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 155, 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.12.014>
- Barra Ortiz, H. A. de la. (2019). *Agentes físicos: Concepto básicos y aspectos generales, libro de texto*. <https://elibro.net/es/ereader/uma/130793>
- Beltrame, R., Ronconi, G., Ferrara, P. E., Salgovic, L., Vercelli, S., Solaro, C., & Ferriero, G. (2020). Capacitive and resistive electric transfer therapy in rehabilitation: A systematic review. *International Journal of Rehabilitation Research. Internationale Zeitschrift Fur Rehabilitationsforschung. Revue*

*Internationale De Recherches De Readaptation*, 43(4), 291-298. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000435>

Beraldo, W. T. (1968). *Fisiologia L. INTEC*.

Bhattacharya, A., Mrudula, K., Sreepada, S. S., Sathyaprabha, T. N., Pal, P. K., Chen, R., & Udupa, K. (2022). An Overview of Noninvasive Brain Stimulation: Basic Principles and Clinical Applications. *The Canadian Journal of Neurological Sciences. Le Journal Canadien Des Sciences Neurologiques*, 49(4), 479-492. <https://doi.org/10.1017/cjn.2021.158>

Caliogna, L., Medetti, M., Bina, V., Brancato, A. M., Castelli, A., Jannelli, E., Ivone, A., Gastaldi, G., Annunziata, S., Mosconi, M., & Pasta, G. (2021). Pulsed Electromagnetic Fields in Bone Healing: Molecular Pathways and Clinical Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(14), 7403. <https://doi.org/10.3390/ijms22147403>

Calvo Seco, J., & Hernández Sánchez, S. (2021). *Procedimientos Generales en Fisioterapia*. Panamericana.

Cameron, M. H. (2023). *Agentes físicos en rehabilitación: Práctica basada en la evidencia* (6ª ed.). Elsevier España.

- Cucarian Hurtado, J. D., Barreto Franco, P. A., & Castro Alvarez, N. A. (2022). *Fundamentos teorico-practicos de electroestimulacion en la lesion medular*. Editorial Universidad del Rosario. <https://elibro.net/es/lc/uma/titulos/227037>
- De la Corte-Rodríguez, H., Román-Belmonte, J. M., Rodríguez-Damiani, B. A., Vázquez-Sasot, A., & Rodríguez-Merchán, E. C. (2023). Extracorporeal Shock Wave Therapy for the Treatment of Musculoskeletal Pain: A Narrative Review. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, *11*(21), 2830. <https://doi.org/10.3390/healthcare11212830>
- de Menezes, A. B., Back, C. G. N., Driusso, P., & Liebano, R. E. (2022). How to report parameters and procedures for shockwave therapy in musculoskeletal disorders: A narrative review. *Medicine*, *101*(32), e29664. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000029664>
- Domínguez-Pera, I., Lucena-Anton, D., Estebanez-Perez, M.-J., Pastora-Bernal, J.-M., & Martín-Valero, R. (2025). Efficacy of transcranial direct current stimulation combined with gait training in patients with Parkinson's disease: Systematic review

and meta-analysis. *CNS Spectrums*, 30(1), e79.

<https://doi.org/10.1017/S1092852925100618>

Ekhtiari, H., Tavakoli, H., Addolorato, G., Baeken, C., Bonci, A., Campanella, S., Castelo-Branco, L., Challet-Bouju, G., Clark, V. P., Claus, E., Dannon, P. N., Del Felice, A., den Uyl, T., Diana, M., Giannantonio, M. di, Fedota, J. R., Fitzgerald, P., Gallimberti, L., Grall-Bronnec, M., ... Hanlon, C. A. (2019). Transcranial electrical and magnetic stimulation (tES and TMS) for addiction medicine: A consensus paper on the present state of the science and the road ahead. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 104, 118-140.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.06.007>

Farivar, S., Malekshahabi, T., & Shiari, R. (2014). Biological effects of low level laser therapy. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 5(2), 58-62.

Fermín, V. G., & Francisco, Mi. M. (2013). *Fisioterapia Invasiva*. Elsevier.

Fernández-de-Las-Peñas, C., Pérez-Bellmunt, A., Llurda-Almuzara, L., Plaza-Manzano, G., De-la-Llave-Rincón, A. I., & Navarro-Santana, M. J. (2021). Is Dry Needling Effective for the Management of Spasticity, Pain, and Motor Function in Post-

Stroke Patients? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Medicine (Malden, Mass.)*, 22(1), 131-141.  
<https://doi.org/10.1093/pm/pnaa392>

Fertonani, A., & Miniussi, C. (2017). Transcranial Electrical Stimulation: What We Know and Do Not Know About Mechanisms. *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 23(2), 109-123.  
<https://doi.org/10.1177/1073858416631966>

Fidalgo-Martin, I., Ramos-Álvarez, J. J., Murias-Lozano, R., & Rodríguez-López, E. S. (2022). Effects of percutaneous neuromodulation in neuromusculoskeletal pathologies: A systematic review. *Medicine*, 101(41), e31016.  
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031016>

Góngora-Rodríguez, J., Rodríguez-Huguet, M., Rodríguez-Almagro, D., Martín-Valero, R., Góngora-Rodríguez, P., Ayala-Martínez, C., & Rosety-Rodríguez, M. Á. (2025). Percutaneous Electrolysis, Percutaneous Peripheral Nerve Stimulation, and Eccentric Exercise for Shoulder Pain and Functionality in Supraspinatus Tendinopathy: A Single-Blind Randomized Clinical Trial. *Journal*

*of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(3), 295.

<https://doi.org/10.3390/jfmk10030295>

Góngora-Rodríguez, J., Rosety-Rodríguez, M. Á., Rodríguez-Almagro, D., Martín-Valero, R., Góngora-Rodríguez, P., & Rodríguez-Huguet, M. (2024). Structural and Functional Changes in Supraspinatus Tendinopathy through Percutaneous Electrolysis, Percutaneous Peripheral Nerve Stimulation and Eccentric Exercise Combined Therapy: A Single-Blinded Randomized Clinical Trial. *Biomedicines*, 12(4), 771.  
<https://doi.org/10.3390/biomedicines12040771>

Gupta, A., Avci, P., Dai, T., Huang, Y.-Y., & Hamblin, M. R. (2013). Ultraviolet Radiation in Wound Care: Sterilization and Stimulation. *Advances in Wound Care*, 2(8), 422-437.  
<https://doi.org/10.1089/wound.2012.0366>

Hagon, W., Hagon, J., Noble, G., Brenton-Rule, A., Stewart, S., & Bristow, I. (2023). Microwave therapy for the treatment of plantar warts. *Journal of Foot and Ankle Research*, 16(1), 37.  
<https://doi.org/10.1186/s13047-023-00638-8>

Hernández-Bule, M. L., Naharro-Rodríguez, J., Bacci, S., & Fernández-Guarino, M. (2024). Unlocking the Power of Light on the Skin:

A Comprehensive Review on Photobiomodulation.  
*International Journal of Molecular Sciences*, 25(8), 4483.  
<https://doi.org/10.3390/ijms25084483>

Hernández-Bule, M. L., Toledano-Macías, E., Pérez-González, L. A.,  
Martínez-Pascual, M. A., & Fernández-Guarino, M. (2023).  
Anti-Fibrotic Effects of RF Electric Currents. *International  
Journal of Molecular Sciences*, 24(13), 10986.  
<https://doi.org/10.3390/ijms241310986>

Horton, L., Brady, J., Kincaid, C. M., Torres, A. E., & Lim, H. W. (2023).  
The effects of infrared radiation on the human skin.  
*Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*,  
39(6), 549-555. <https://doi.org/10.1111/phpp.12899>

Kane, K., & Taub, A. (1975). A history of local electrical analgesia. *PAIN*,  
1(2), 125. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(75\)90097-4](https://doi.org/10.1016/0304-3959(75)90097-4)

Kaub, L., & Schmitz, C. (2022). More than Ninety Percent of the Light  
Energy Emitted by Near-Infrared Laser Therapy Devices Used  
to Treat Musculoskeletal Disorders Is Absorbed within the First  
Ten Millimeters of Biological Tissue. *Biomedicines*, 10(12),  
3204. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10123204>

- Kee, Y. K., Jeon, H. J., Oh, J., & Shin, D. H. (2024). Vitamin D and narrowband ultraviolet B phototherapy for chronic kidney disease-associated pruritus. *Kidney Research and Clinical Practice*, 43(2), 177-185. <https://doi.org/10.23876/j.krcp.22.153>
- Khalilizad, M., Hosseinzade, D., & Marzban Abbas Abadi, M. (2024). Efficacy of High-Intensity and Low-Level Laser Therapy Combined With Exercise Therapy on Pain and Function in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 15, e34. <https://doi.org/10.34172/jlms.2024.34>
- Kim, W.-S., & Calderhead, R. G. (2011). Is light-emitting diode phototherapy (LED-LLLT) really effective? *Laser Therapy*, 20(3), 205-215. <https://doi.org/10.5978/islsm.20.205>
- Kudo, N. (2022). Shock wave lithotripsy and therapy. *Journal of Medical Ultrasonics* (2001). <https://doi.org/10.1007/s10396-022-01202-w>
- Kurz, B., Berneburg, M., Bäuml, W., & Karrer, S. (2023). Phototherapy: Theory and practice. *Journal Der Deutschen Dermatologischen*

*Gesellschaft = Journal of the German Society of Dermatology: JDDG*, 21(8), 882-897. <https://doi.org/10.1111/ddg.15126>

Li, Z., Li, W., Bai, S., & Yang, T. (2025). Effects of chronic low-frequency pulsed magnetic fields exposure on the contractility and morphology of biceps brachii in healthy adults-a randomized controlled, double-blind trial. *Frontiers in Medicine*, 12, 1614054. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1614054>

Lupowitz, L. G., Ramus, L., Delacour, F., & Johnson, K. (2025). TECAR Therapy: A Clinical Commentary on its Evolution, Application, and Future in Rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 20(4), 632-640. <https://doi.org/10.26603/001c.130909>

Malik, K., & Dua, A. (2025). Advancing Patient Care With Biofeedback. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553075/>

Mineroff, J., Maghfour, J., Ozog, D. M., Lim, H. W., Kohli, I., & Jagdeo, J. (2024). Photobiomodulation CME part II: Clinical applications in dermatology. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 91(5), 805-815. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2023.10.074>

- Mogedano-Cruz, S., López-Pérez, M., Gijón-Lago, D., Romero-Morales, C., Alonso-Pérez, J. L., Villafañe, J. H., Saiz, S. L. J., & Sosa-Reina, M. D. (2025). Peripheral Percutaneous Electrical Nerve Stimulation for Neuropathies: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Management Nursing: Official Journal of the American Society of Pain Management Nurses*, 26(1), 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2024.11.005>
- Moral, I. S. S. O. M. del. (2018). *Fisioterapia Invasiva del Síndrome de Dolor Miofascial*. Editorial Médica Panamericana. <https://mieureka-medicapanamericana-com.eu1.proxy.openathens.net/viewer/fisioterapia-invasiva-del-sindrome-de-dolor-miofascial/iv>
- Neville, J. J., Palmieri, T., & Young, A. R. (2021). Physical Determinants of Vitamin D Photosynthesis: A Review. *JBMR Plus*, 5(1), e10460. <https://doi.org/10.1002/jbm4.10460>
- Oliveira Paggiaro, A., Pinheiro, R., Soares, K., Fernandes Carvalho, V., & Gemperli, R. (2021). Evaluation of the evidence level for the use of radiofrequency in aesthetic treatments: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 20(9), 2691-2702. <https://doi.org/10.1111/jocd.14353>

- Pakhan, A. A., Jawade, S., Boob, M. A., & Somaiya, K. J. (2024). Impact of Pulsed Electromagnetic Field Therapy and Aerobic Exercise on Patients Suffering With Hypertension: A Systematic Review. *Cureus*, *16*(3), e56414. <https://doi.org/10.7759/cureus.56414>
- Paolucci, T., Pezzi, L., Centra, A. M., Giannandrea, N., Bellomo, R. G., & Saggini, R. (2020). Electromagnetic Field Therapy: A Rehabilitative Perspective in the Management of Musculoskeletal Pain - A Systematic Review. *Journal of Pain Research*, *13*, 1385-1400. <https://doi.org/10.2147/JPR.S231778>
- Parajuli, S., Beattie, G. A. C., Holford, P., Yang, C., & Cen, Y. (2023). Susceptibility of *Diaphorina citri* to Irradiation with UV-A and UV-B and the Applicability of the Bunsen-Roscoe Reciprocity Law. *Insects*, *14*(5), 445. <https://doi.org/10.3390/insects14050445>
- Pavez Ulloa, F. J. (2009). Agentes físicos superficiales y dolor. Análisis de su eficacia a la luz de la evidencia científica. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, *16*(3), 182-189. [https://doi.org/10.1016/S1134-8046\(09\)71009-2](https://doi.org/10.1016/S1134-8046(09)71009-2)

- Penberthy, W. T., & Vorwaller, C. E. (2021). Utilization of the 1064 nm Wavelength in Photobiomodulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 12, e86. <https://doi.org/10.34172/jlms.2021.86>
- Perez Rodriguez, M. D. (2012). *Teoría de electroterapia de baja y media frecuencia*. Editorial ICB. <https://elibro.net/es/lc/uma/titulos/111400>
- Piccinin, M. A., Cline, A., & Feldman, S. R. (2019). Decreased phototherapy effectiveness on lower body. *Dermatology Online Journal*, 25(6), 13030/qt7pg2g8zf.
- Pollet, J., Ranica, G., Pedersini, P., Lazzarini, S. G., Pancera, S., & Buraschi, R. (2023). The Efficacy of Electromagnetic Diathermy for the Treatment of Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 12(12), 3956. <https://doi.org/10.3390/jcm12123956>
- Puderbaugh, M., & Emmady, P. D. (2025). Neuroplasticity. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557811/>
- Purves, Agustine, Fitzpatrick, Hall, LaMantia, & White. (2015). *Neurociencia*. Editorial Médica Panamericana.

<https://mieureka-medicapanamericana->

[com.eu1.proxy.openathens.net/viewer/neurociencia/173](https://mieureka-medicapanamericana-com.eu1.proxy.openathens.net/viewer/neurociencia/173)

Raharja, A., Mahil, S. K., & Barker, J. N. (2021). Psoriasis: A brief overview. *Clinical Medicine (London, England)*, 21(3), 170-173.

<https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0257>

Ramon, S., Español, A., Yebra, M., Morillas, J. M., Unzurrunzaga, R., Freitag, K., Gómez, S., & Aranzabal, J. R. (2021). Ondas de choque. Evidencias y recomendaciones SETOC (Sociedad Española de Tratamientos con Ondas de Choque).

*Rehabilitación*, 55(4), 291-300.

<https://doi.org/10.1016/j.rh.2021.02.002>

Rodríguez Lagos, L., Arribas-Romano, A., Fernández-Carnero, J., González-Zamorano, Y., & Laguarda Val, S. (2023). Effects of Percutaneous and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Endogenous Pain Mechanisms in Patients with Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis.

*Pain Medicine (Malden, Mass.)*, 24(4), 397-414.

<https://doi.org/10.1093/pm/pnac140>

Rodríguez Martín, J. M. (2014). *Electroterapia en Fisioterapia*. Editorial

Médica

Panamericana.

<https://mieureka->

medicapanamericana-  
com.eu1.proxy.openathens.net/viewer/electroterapia-en-  
fisioterapia/2

Rodríguez-Huguet, M., Ayala-Martínez, C., Vinolo-Gil, M. J., Góngora-Rodríguez, P., Martín-Valero, R., & Góngora-Rodríguez, J. (2024). Transcranial direct current stimulation in physical therapy treatment for adults after stroke: A systematic review. *NeuroRehabilitation*, 54(2), 171-183. <https://doi.org/10.3233/NRE-230213>

Rodríguez-Huguet, M., Góngora-Rodríguez, J., Lomas-Vega, R., Martín-Valero, R., Díaz-Fernández, Á., Obrero-Gaitán, E., Ibañez-Vera, A. J., & Rodríguez-Almagro, D. (2020). Percutaneous Electrolysis in the Treatment of Lateral Epicondylalgia: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 9(7), 2068. <https://doi.org/10.3390/jcm9072068>

Rodríguez-Huguet, M., Góngora-Rodríguez, J., Rodríguez-Huguet, P., Ibañez-Vera, A. J., Rodríguez-Almagro, D., Martín-Valero, R., Díaz-Fernández, Á., & Lomas-Vega, R. (2020). Effectiveness of Percutaneous Electrolysis in Supraspinatus Tendinopathy: A

Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6), 1837. <https://doi.org/10.3390/jcm9061837>

Rodríguez-Huguet, M., Rosety-Rodríguez, M. Á., Rodríguez-Almagro, D., Martín-Valero, R., Vinolo-Gil, M. J., Bastos-Garcia, J., & Góngora-Rodríguez, J. (2025). Treatment of Chronic Neck Pain with Transcranial Direct Current Stimulation: A Single-Blinded Randomized Clinical Trial. *Biomedicines*, 13(7), 1746. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13071746>

Ross, C. L., Zhou, Y., McCall, C. E., Soker, S., & Criswell, T. L. (2019). The Use of Pulsed Electromagnetic Field to Modulate Inflammation and Improve Tissue Regeneration: A Review. *Bioelectricity*, 1(4), 247-259. <https://doi.org/10.1089/bioe.2019.0026>

Ryskalin, L., Morucci, G., Natale, G., Soldani, P., & Gesi, M. (2022). Molecular Mechanisms Underlying the Pain-Relieving Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy: A Focus on Fascia Nociceptors. *Life (Basel, Switzerland)*, 12(5), 743. <https://doi.org/10.3390/life12050743>

Somaa, F. A., de Graaf, T. A., & Sack, A. T. (2022). Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Neurological Diseases.

*Frontiers in Neurology*, 13, 793253.

<https://doi.org/10.3389/fneur.2022.793253>

Stewart, G. M., Wheatley-Guy, C. M., Johnson, B. D., Shen, W. K., & Kim, C.-H. (2020). Impact of pulsed electromagnetic field therapy on vascular function and blood pressure in hypertensive individuals. *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.)*, 22(6), 1083-1089. <https://doi.org/10.1111/jch.13877>

Taylor, D. N., Winfield, T., & Wynd, S. (2020). Low-Level Laser Light Therapy Dosage Variables vs Treatment Efficacy of Neuromusculoskeletal Conditions: A Scoping Review. *Journal of Chiropractic Medicine*, 19(2), 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2020.06.002>

Torres, E. A., Ballesteros, L. E., Forero, P. L., Torres, E. A., Ballesteros, L. E., & Forero, P. L. (2018). Biometry of the Brachial Triceps Muscle and its Motor Points. A Direct Anatomical Study in a Sample of Colombian Population. *International Journal of Morphology*, 36(3), 948-954. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022018000300948>

Trofè, A., Piras, A., Breviglieri, L., Laffi, A., Meoni, A., & Raffi, M. (2025). Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) Stimulation Increases

Muscle Activity During Exercise in Sedentary People. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 232.  
<https://doi.org/10.3390/jfmk10020232>

Tsagkaris, C., Papazoglou, A. S., Eleftheriades, A., Tsakopoulos, S., Alexiou, A., Găman, M.-A., & Moysidis, D. V. (2022). Infrared Radiation in the Management of Musculoskeletal Conditions and Chronic Pain: A Systematic Review. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 12(3), 334-343. <https://doi.org/10.3390/ejihpe12030024>

Valbuena Mesa, M. C., Nova Villanueva, J. A., & Sánchez Vanegas, G. (2020). Dosis eritematosa mínima: Correlación con el fototipo y método de medición en una muestra de población colombiana. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 111(5), 390-397.  
<https://doi.org/10.1016/j.ad.2019.12.003>

Van Hoornweder, S., Stagg, C. J., & Wischnewski, M. (2025). Personalizing transcranial electrical stimulation. *Trends in Neurosciences*, 48(9), 663-678.  
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2025.07.007>

Vega, F. J. M., Muñoz, C. G., Medina, G. G., Gil, M. J. V., Valero, R. M.,  
Vega, F. J. M., Muñoz, C. G., Medina, G. G., Gil, M. J. V., &

Valero, R. M. (2024). Does the learning of an ultradose and laser dose simulator vary among physiotherapy students?: A multicentre study. *Innovación Docente e Investigación En Salud: Desafíos de La Enseñanza y Aprendizaje En La Educación Superior*, 63-73.  
<https://portaldelainvestigacion.uma.es/documentos/67b8cf278a0e321b999f311e>

Vergani, A. A. (2024). Louis Lopicque (1866–1952). *Journal of Neurology*, 271(12), 7644-7645.  
<https://doi.org/10.1007/s00415-024-12705-6>

Wang, H., Zhang, C., Gao, C., Zhu, S., Yang, L., Wei, Q., & He, C. (2017). Effects of short-wave therapy in patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 31(5), 660-671.  
<https://doi.org/10.1177/0269215516683000>

Wang, L., Wu, B., Wang, X., Zhu, Q., & Xu, K. (2022). Endoscopic image luminance enhancement based on the inverse square law for illuminance and retinex. *The International Journal of Medical Robotics + Computer Assisted Surgery: MRCAS*, 18(4), e2396.  
<https://doi.org/10.1002/rcs.2396>

- Watson, T., & Nussbaum, E. L. (2021). *Modalidades en Electroterapia: Práctica basada en la evidencia* (13ª ed.). Elsevier España.
- Wu, Y., Zhu, F., Chen, W., & Zhang, M. (2022). Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in people with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 36(4), 472-485. <https://doi.org/10.1177/02692155211065636>
- Xu, C., Yang, F., Wang, Q., & Gao, W. (2024). Effect of neuromuscular electrical stimulation in critically ill adults with mechanical ventilation: A systematic review and network meta-analysis. *BMC Pulmonary Medicine*, 24(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s12890-024-02854-9>
- Yellin, J. L., Wiggins, C. R., Franco, A. J., & Sankar, W. N. (2016). Safe transcranial electric stimulation motor evoked potential monitoring during posterior spinal fusion in two patients with cochlear implants. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 30(4), 503-506. <https://doi.org/10.1007/s10877-015-9730-7>