



REVISIÓN

Artículo en español

Rev Esp Podol. 2021;32(2):123-131

DOI: 10.20986/revesspod.2021.1601/2021

Revisión narrativa sobre el uso y aplicaciones de la radiofrecuencia para el tratamiento del dolor musculoesquelético

Narrative review of the use and applications of radiofrequency for the treatment of musculoskeletal pain

José Urbano Cabello y Gabriel Domínguez Maldonado

Departamento de Podología. Universidad de Sevilla, Sevilla

Palabras clave:

Especialidad de terapia física, dolor, tratamiento, pie, radiofrecuencia.

Resumen

Objetivos: La radiofrecuencia se define como una modalidad de terapia física, que consiste en la administración de ondas, consiguiendo múltiples efectos a nivel tisular y celular. Se trata de una terapia no invasiva, segura y eficaz, que provoca una disminución rápida del dolor en pacientes. En las patologías dolorosas del pie, como la fascitis plantar o el neuroma de Morton, las alternativas terapéuticas que conocemos actualmente no son efectivas en todos los casos. Por ese motivo, el uso de las nuevas tecnologías permite al podólogo añadir un nuevo tratamiento a su protocolo de actuación para conseguir analgesia, consiguiendo una mayor efectividad en sus tratamientos y mejorando la calidad de vida de sus pacientes de forma rápida, eficaz y segura.

Material y métodos: Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de Pubmed, Scopus, Biblioteca de Salud de la Universidad de Sevilla y Google Scholar. Se obtuvieron 27 artículos y 1 libro.

Resultados: En los artículos revisados, los pacientes mejoraron su sintomatología dolorosa tras la aplicación de la radiofrecuencia. No existe un único mecanismo de acción, depende de las diferentes formas de aplicación.

Conclusiones: La radiofrecuencia puede administrarse tanto en patologías inflamatorias como mecánicas. Su mecanismo de acción depende de si se usa una corriente eléctrica de forma continua o pulsada, y mediante un electrodo invasivo o no invasivo.

Keywords:

Physical therapy specialty, pain, treatment, foot, radiofrequency.

Abstract

Objectives: Radiofrequency is defined as a modality of physical therapy, which consists of the administration of waves, achieving multiple effects at the tissue and cellular levels. It is a non-invasive, safe and effective therapy, which causes a rapid decrease in pain in patients. In painful foot disorders, such as plantar fasciitis or Morton's neuroma, the therapeutic alternatives we use are not effective in all cases. For this reason, the use of new technologies allows the podiatrist to add a new treatment to its protocol of action to achieve analgesia, achieving greater effectiveness in its treatments and improving the quality of life of its patients in a quickly, effective and safe way.

Material and methods: A bibliographic search was conducted in the databases of Pubmed, Scopus, Health Library of the University of Sevilla and Google Scholar. 27 articles and 1 book were obtained.

Results: In the articles reviewed, patients improved their painful symptoms after radiofrequency application. There is no single mechanism for action, depending on the different forms of implementation.

Conclusions: Radiofrequency can be administered in both inflammatory and mechanical pathologies. Its mechanism of action depends on whether an electric current is used continuously or pulsed, and through an invasive or non-invasive electrode.

Recibido: 18-01-2021

Aceptado: 15-04-2021



0210-1238 © Los autores. 2021.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

José Urbano Cabello
urbanocabellojose@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las lesiones dolorosas en el pie aparecen en la clínica como las patologías más frecuentes, encontrándose con mayor frecuencia en personas obesas, de edades avanzadas y de sexo femenino¹. En la práctica clínica podológica se puede observar cómo las alternativas terapéuticas no son efectivas para todos los pacientes. En algunas de las manifestaciones clínicas más frecuentes, como el dolor plantar, se utilizan diferentes tratamientos, como son las ortesis plantares o las infiltraciones con corticoides, pero no son efectivas en algunos casos, presentando una discapacidad y unas tasas de prevalencia que se encuentran entre el 3.6 % y el 7.5 %². El neuroma de Morton³ o el hallux abductus valgus⁴ son patologías frecuentes en el pie que presentan una sintomatología dolorosa severa y cuyo tratamiento definitivo suele ser quirúrgico. Pero muchos pacientes no pueden someterse a esta intervención, ya sea por su estado de salud (pacientes polimedificados, con pluripatologías, personas de avanzada edad, etc.) o por el miedo que le provoca someterse a una cirugía⁴.

El uso de analgésicos para el control del dolor tiene el inconveniente de que su efectividad es a corto plazo, y en muchos casos tienen un efecto incompleto. Asimismo, si el dolor se vuelve crónico, las terapias analgésicas prolongadas en el tiempo van a reducir su efecto, obligando a utilizar fármacos más agresivos, que puedan desencadenar mayores efectos adversos o interacciones con otros medicamentos⁵.

Por todo esto es necesario recalcar los beneficios de la radiofrecuencia y presentarla a los podólogos como una alternativa viable y eficaz que puede introducirse en su práctica clínica. Los objetivos de este trabajo han sido conocer los usos clínicos de la radiofrecuencia en la práctica clínica podológica, comprender los mecanismos de acción para el tratamiento del dolor y saber las pautas y las dosis de aplicación de la radiofrecuencia.

Concepto

La radiofrecuencia es una técnica mínimamente invasiva, o no invasiva, con múltiples aplicaciones terapéuticas. Se basa en la aplicación de una corriente eléctrica de alta intensidad con el fin de generar una lesión térmica, obteniendo determinados efectos fisiológicos que resulten en la disminución de la sintomatología⁶.

Es un tratamiento que emplea la frecuencia de las ondas de radio para provocar cambios en los tejidos. La energía se obtiene de un generador, que crea una corriente alterna y la transfiere a una zona objetiva. Puede administrarse de forma continua o pulsada⁴. La energía aplicada sobre el organismo se traslada en forma de onda. Los parámetros físicos que determinan la energía producida por la radiofrecuencia son: *amplitud de onda*, se corresponde con la potencia que transmite la perturbación; *longitud de onda*, que es la distancia entre dos puntos del mismo nivel energético; *periodo*, que indica el tiempo que tarda en recorrer la longitud la onda; *frecuencia*,

son las oscilaciones que forman la onda, y *velocidad de propagación*, que valora la propagación de la onda, y que varía según el medio^{7,8}.

Entre sus diferentes efectos podemos encontrar su aplicación para el tratamiento del dolor, como el cervicogénico, el de columna, miofascial, mialgias, artralgias y neuropatías, entre otros. Hay que destacar también su empleo en terapias que requieren el uso de farmacología local, puesto que la radiofrecuencia facilita la llegada de estos a planos profundos y su manejo en la extirpación de tumores, al producir una eliminación de las células tisulares⁹.

La radiofrecuencia continua (RFC) provoca una hipertermia tisular al mantener una corriente eléctrica. En la zona de aplicación se produce una disipación de la energía haciendo que se aumente la temperatura de la estructura, teniendo como resultado una interrupción de la transmisión de los impulsos dolorosos, o incluso la destrucción tisular⁹. Algunas dosis de uso de la RFC provocan una lesión de los tejidos profundos debido a la temperatura tan elevada que emplea en sus aplicaciones, con el fin de conseguir el efecto destructivo¹⁰.

Como alternativa de la RFC, surge la radiofrecuencia pulsada (RFP), en la que se alcanza una temperatura máxima del tejido de 42 °C¹⁰. La RFP es una terapia de creciente auge en los últimos años. En los diferentes estudios que se han consultado, los autores han concluido que es un tratamiento seguro y efectivo para la sintomatología del dolor crónico⁴. Consiste en aplicar una corriente eléctrica y calor a nervios específicos u otras estructuras sin dañarlos. La RFP aplica una leve estimulación eléctrica seguida de una larga pausa, por lo que no produce suficiente calor para causar un daño permanente en las estructuras. El mecanismo de acción de la RFP no se ha definido con claridad hasta el momento, pero a pesar de ello se evidencia que el campo magnético que se crea durante el procedimiento es capaz de modificar las señales de transmisión del dolor¹¹.

Técnica de aplicación

Se pueden emplear dos técnicas de aplicación, que dependen del electrodo que administra la energía al organismo. Se encuentran los electrodos invasivos y los no invasivos^{12,13} (Tabla I) (Figura 1).

Radiofrecuencia continua

El procedimiento que utiliza la terapia con radiofrecuencia de forma continua consiste en la aplicación de un electrodo activo sobre el tejido a tratar, el cual utiliza ondas de radio y calor en una variedad de ubicaciones nerviosas diferentes. Este electrodo aplica una corriente constante de alta frecuencia, generando una oscilación celular, provocando calor en la zona. El calor se traduce con un aumento de la temperatura, que puede superar los 60-80 °C. La zona de aplicación se ha anestesiado previamente a la introducción del electrodo activo¹⁶.

La temperatura alta provoca una necrosis de los tejidos, por la coagulación, la destrucción del colágeno y la degeneración

Tabla I. Comparación de electrodos de modo invasivo y no invasivo ^{14,15} .		
	Método invasivo	Método no invasivo
Forma electrodo	<ul style="list-style-type: none"> – Aguja recubierta por un catéter o cánula de material aislante, dejando libre el extremo distal, por donde se aplica la RF. Se encuentra unido a un generador de corriente 	<ul style="list-style-type: none"> – Placa metálica circular recubierta por una poliamida, unida a un generador de corriente de RF
Mecanismos de acción	<ul style="list-style-type: none"> – Ablación por termocoagulación – Neuromodulación de la conducción de los estímulos nerviosos 	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento proliferación y diferenciación células madre – Estimulación metabolismo celular – Incremento del flujo sanguíneo
Efectos terapéuticos	<ul style="list-style-type: none"> – Destrucción tisular – Alivio del dolor 	<ul style="list-style-type: none"> – Rejuvenecimiento facial – Eliminación celulitis – Alivio del dolor – Aceleración de la cicatrización tisular (tejido óseo, muscular, piel,...) – Acción antiinflamatoria

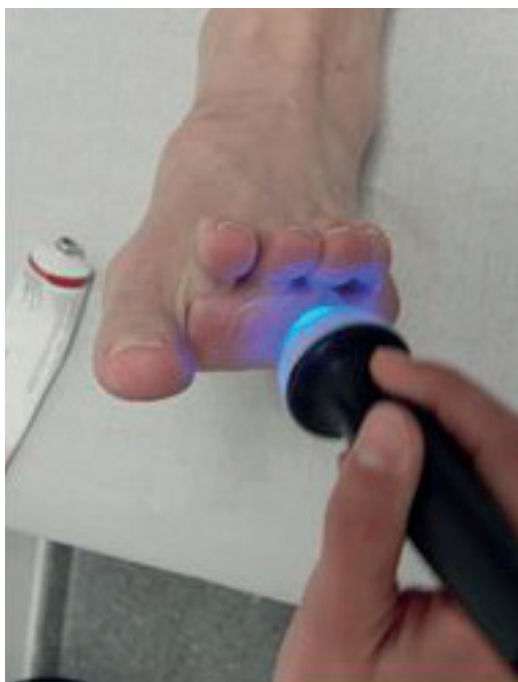


Figura 1. Aplicación de radiofrecuencia no invasiva.

axonal. El objetivo es generar una ablación de las estructuras nerviosas para conseguir eliminar el dolor, pero en ocasiones este alivio está limitado por la regeneración axonal progresiva¹⁷.

Esta destrucción de tejidos nerviosos tiene una serie de inconvenientes. Uno de ellos es que, generalmente, se caracteriza por un periodo de malestar, incluyendo hipoanestesia y reacciones similares a la neuritis (como puede ser neuralgia del trigémino, hernia disco lumbar o dolor articular). En algunos casos el dolor puede potenciarse debido a una regeneración nerviosa y formar un neuroma¹⁸.

Radiofrecuencia pulsada

La RFP aplica una corriente eléctrica que impide que el aumento de temperatura destruya los tejidos. Al igual que en la RFC, el calor hace que se produzcan el efecto clínico. Actúa como un neuromodulador central y periférico¹⁹.

El método de aplicación consiste en crear un circuito cerrado; para formarlo se tienen dos terminales. El electrodo activo genera una corriente eléctrica de alta frecuencia. Las ráfagas se aplican durante un tiempo, seguido de pulsos de descansos que permiten la disipación de la energía y que no se superen los 42 °C en los tejidos. La RFP aplica una corriente de alta frecuencia alterna de 500 KHz. La aplicación de la corriente dura 20 ms con intervalo de pulsos de descanso de 480 segundos. El objetivo para generar analgesia debe ser el ganglio de la raíz dorsal, siendo más fácil la actuación si se hace una actuación en estructuras periféricas^{8,13}.

Las ráfagas de calor son de corta duración, lo que permiten aliviar el dolor en la zona del recorrido nervioso. La estructura en la que se ha aplicado la energía se mantiene con una temperatura por debajo de los 42 °C, lo que elude el daño del tejido que siempre llevaba emparejada la radiofrecuencia continua. La pausa entre los pulsos suele ser larga, lo que permite la disipación del calor, que se debe principalmente a la conducción y la convección de los tejidos corporales. Estas propiedades físicas hacen que la temperatura que pueda llegar a las estructuras adyacentes a la zona de aplicación no tenga la suficiente relevancia como para producir un efecto^{7,12}.

La RFP aplica una frecuencia de emisión de 2 Hz, salida de 45 V y corriente de alta frecuencia alterna de 500 KHz.

Este efecto alivia el dolor por una larga duración, actuando como un inmunomodulador. Uno de los beneficios de esta terapia es que reduce el uso de analgésicos. Una de las ventajas que tiene esta técnica analgésica es que si el dolor reaparece

o continúa, se puede volver a aplicar, puesto que no destruye tejidos¹⁷.

Radiofrecuencia continua no invasiva

La analgesia se consigue por un aumento del flujo sanguíneo, tanto en zonas superficiales como profundas. Mejora la sintomatología gracias al aumento de la llegada de oxígeno y nutrientes a la zona de la lesión, acelerando su reparación.

Esta hipertermia local se alcanza por la aplicación de una corriente continua, de 448 KHz. El electrodo activo se aplica haciendo movimientos circulares sobre la zona dolorosa y adyacentes, y el electrodo base se encuentra fijo en una zona dentro del dermatomo, donde hemos colocado el activo. Antes de poner los electrodos, debe aplicarse crema en la piel donde se situarían; esto permite mejorar la conducción de las ondas hasta la estructura diana²⁰.

Indicaciones y contraindicaciones

Dentro de los efectos que podemos conseguir cuando aplicamos una corriente eléctrica de radiofrecuencia, se encuentran la reducción del dolor, la disminución de la inflamación, la aceleración de la cicatrización, la reducción de edemas y la mejora en la recuperación de esguinces²⁰.

Centrándonos en el dolor, como indicaciones terapéuticas se pueden destacar el tratamiento de las neuralgias, incluyendo el dolor articular y el dolor muscular, artritis, algoneurodistrofia, dolor inguinal, neuralgia glossofaríngea, dolor radicular, neuralgia occipital, neuromas de Morton y neuromas de muñón²¹.

Como contraindicaciones hemos encontrado que en las terapias que consisten en la aplicación de una corriente eléctrica: a) no se debe iniciar un tratamiento cuando el paciente no comprenda la terapia o no colabora con el profesional; b) no se puede aplicar en zona abdominal, zona lumbar o pelvis durante las primeras 35 semanas de gestación; c) no se debe usar en tumores con posible neoplasia maligna activa (excepto si se aplica como terapia para dicha tumoración); d) no se puede emplear en estructuras que tengan una hemorragia o infección local, y e) no se debe aplicar en pacientes que posean implantes metálicos o dispositivos cardíacos^{22,23}.

Se ha podido observar que en la RFC aparecen diversos efectos adversos, como el hematoma en la zona de inserción de la aguja-electrodo activo, neuralgia, malestar, equimosis y sudoración.

MATERIAL Y MÉTODOS

La realización de esta revisión bibliográfica se ha basado en las bases de datos de Pubmed, Scopus, Biblioteca de Salud de la Universidad de Sevilla y Google Scholar. Se usaron los descriptores de términos de la salud "pulsed radiofrequency", "radiofrequency", "pain", "treatment", "neuromodulation", "physiology", "physiology effect", "electric stimulation the-

rapy", "monopolar application", "foot"; se combinaron con los operadores booleanos AND/OR para crear las diferentes estrategias de búsqueda y obtener los documentos para esta revisión bibliográfica.

Los criterios de inclusión escogidos fueron los artículos en español o en inglés cuyo tema principal fuera el tratamiento con radiofrecuencia, que se tratara alguna patología dolorosa musculoesquelética, tanto en el pie como en el resto del cuerpo, mediante radiofrecuencia, y documentos que permitieran el acceso al texto completo. Como criterios de exclusión se descartaron aquellos documentos que no se centraran en el tratamiento con radiofrecuencia y los que no trataran patología dolorosa.

Los resultados de las búsquedas en bases de datos ascendieron a 3528 artículos y 6 libros. Se excluyeron aquellos artículos que no cumplían los criterios de inclusión y se obtuvieron 116 artículos. Eliminando los duplicados, fueron un total de 71 artículos y 6 libros, de los que se seleccionaron 27 artículos y 1 libro para la elaboración del artículo (Tabla II).

RESULTADOS

Se analizaron un total de 11 artículos, en los que se evalúa el mecanismo de acción a través del cual la radiofrecuencia consigue generar analgesia, así como su eficacia en pacientes con patología podal (Tabla III).

DISCUSIÓN

Radiofrecuencia para producción de analgesia

Hammad Usmani y cols.¹⁴, en su estudio, muestran que la RFC consigue analgesia debido a una necrosis por coagulación. Esta necrosis también destruye la mielina y genera una hemorragia, un edema y un engrosamiento epineural. De forma secundaria, se induce una desmielinización de las fibras nerviosas, impidiendo la transmisión del dolor y aliviando la sintomatología.

Ender Sir y cols.²⁴ explican que la RFP consigue analgesia por una inmunomodulación. Consiste en generar cambios morfoestructurales de las fibras trasmisoras del dolor (fibras Aδ y C), por el paso de una corriente eléctrica. Estos cambios bloquean el nervio, impidiendo su acción transmisora. Por otro lado, se produce una alteración génica que mejora los síntomas algícos, prolongando el efecto en el tiempo, sin desarrollar complicaciones. Además, comprobó que los efectos analgésicos se mantienen durante más de 6 meses, sin desarrollar efectos secundarios.

María Luisa Hernández-Bule y cols.²⁵ comparten que los campos eléctricos y magnéticos pueden influir en los procesos fisiológicos, actuando sobre las estructuras que se encargan de ello, tales como la proliferación y diferenciación. De esta forma, se ha podido comprobar que la aplicación de

Tabla II. Resultados de la metodología de búsqueda.

Fecha	Palabras clave	Base de datos	Resultados	Seleccionados
20/12/2019	"pulsed radiofrequency"	Pubmed	823 artículos	18 artículos
10/02/2020	"pulsed radiofrequency"	Pubmed	265 artículos	16 artículos
21/02/2020	"treatment" AND "pulsed radiofrequency"	Scopus	32 artículos	9 artículos
26/03/2020	"physiology" AND "pulsed radiofrequency"	Pubmed	169 artículos	18 artículos
26/03/2020	"physiology" AND "pulsed radiofrequency"	Scopus	47 artículos	5 artículos
27/03/2020	"physiology effect" AND "pulsed radiofrequency"	Pubmed	21 artículos	1 artículo
27/03/2020	"physiology effect" AND "pulsed radiofrequency"	Scopus	42 artículos	1 artículo
27/03/2020	"physiology effect" AND "pulsed radiofrequency"	Google Scholar	180 artículos	5 artículos
18/04/2020	"pain clinics" AND "radiofrequency"	Pubmed	17 artículos	1 artículo
18/04/2020	"pain management" AND "radiofrequency"	Pubmed	693 artículos	11 artículos
24/04/2020	("electric stimulation therapy" OR "pulsed radiofrequency") AND "monopolar application"	Pubmed	12 artículos	6 artículos
26/04/2020	"neuromodulation" AND "radiofrequency"	Pubmed	104 artículos	8 artículos
26/04/2020	"neuromodulation" AND "radiofrequency"	Scopus	316 artículos	7 artículos
21/05/2020	"pulsed radiofrequency" AND effects	Pubmed	800 artículos	8 artículos
21/05/2020	"radiofrequency" AND "pelvic floor"	Pubmed	7 artículos	2 artículos
TOTAL			3528 artículos	116 artículos

dichas ondas de forma continua permite la diferenciación de células madre en tejidos lesionados. Esta hipertermia se limita solo a la estructura diana, gracias a que la sangre disipa el calor, evitando que también se produzca en las estructuras adyacentes. Los efectos no son solamente térmicos, sino que también interviene en reacciones citotóxicas y antiproliferativas. Estos, además de usarse en patología dolorosa, permiten usarse en la rehabilitación física y deportiva de lesiones musculares, óseas, ligamentosas y tendinosas, incluso en asma y patologías vasculares.

Según Binoy Kumaran y cols.²⁰, la radiofrecuencia consigue la analgesia por un aumento del flujo sanguíneo y de su intensidad en la zona diana, derivando en una disminución de la recuperación tisular tras lesión por el mayor aporte de oxígeno y de nutrientes. Los autores observaron que las ondas interactúan con diferentes mecanismos fisiológicos celulares y tisulares, determinando que algunos efectos no se consiguen solo por el aumento de temperatura, sino que expone que deben existir otros mecanismos de acción.

Lifei Guo y cols.²⁶, en su estudio, establecen que se produce un cambio en el flujo de iones de membrana, activando la cascada de transducción de señales, regulando los procesos celulares de expresión génica, de modificación proteica y otros procesos moleculares que se encargan de la reparación de los tejidos.

Aplicaciones podológicas de las terapias analgésicas de radiofrecuencia

Carlos E. Restrepo-Garcés y cols.²⁷ demostraron que en los casos de síndromes postamputación, donde aplicaron la radiofrecuencia, los pacientes mejoraron reduciendo esta hipersensibilidad. Teniendo la gran ventaja de que al ser técnicas no invasivas o mínimamente invasivas pueden aplicarse repetidamente sin suponer un daño para las estructuras corporales.

Vwaire Orhurhu y cols.²⁸, en sus estudios, aplican la radiofrecuencia en el dolor crónico del talón. Esta sintomatología puede aparecer en multitud de patologías, entre las que encontramos las neuritis, la periostitis calcánea y la fascitis plantar. La fascitis plantar es la más frecuente, representando el 80 % de las talalgias. Las alternativas terapéuticas son diversas, siendo las más comunes el reposo, los AINE, las infiltraciones e incluso los procedimientos quirúrgicos como las fasciotomías. Estas terapias no son efectivas en todos los casos, por lo que estos autores presentan como alternativa la radiofrecuencia. En sus estudios pudieron comprobar cómo los pacientes presentaban mejoría, sin necesidad de recurrir a terapias más invasivas.

Otra talalgia bastante común en la población es el síndrome del túnel tarso. Jin Young Chong y cols.²¹ defienden a la radiofrecuencia como un tratamiento seguro que permite el

Tabla III. Resultados de los artículos de la base de datos.

Autores	Objetivos	Conclusiones	Año	Lugar de aplicación	Tipo de radiofrecuencia	Tipo de estudio	Número de sujetos
S. Masala, C. Ojango, M. Raguso, R. Fiori	Investigar el papel de la RFP intrarticular en el tratamiento del hallux valgus doloroso refractario a las terapias conservadoras	La RFP es una técnica segura, repetible y efectiva para el tratamiento de pacientes con hallux valgus sintomático a corto y medio plazo. Alivia el dolor y mejora la calidad de vida en pacientes que no responden a tratamiento conservador	2017	Rodilla, pie y zona pélvica	Radiofrecuencia pulsada	Estudio clínico	44 pacientes de rodilla, 51 pacientes de pie y 62 pacientes con dolor púbico
H. Usmani, G. P. Dureja, R. Andleeb, N. Tauheed, N. Asif	Comparar la eficacia de la RFC y la RFP para el bloqueo de ganglio impar	El bloqueo de ganglio impar por RFP proporcionó una calidad significativamente mejor de alivio del dolor sin efectos secundarios importantes en pacientes con dolor perineal no oncológico crónico en comparación con la radiofrecuencia pulsada	2018	Zona perineal	Radiofrecuencia pulsada y radiofrecuencia continua	Estudio prospectivo, aleatorizado y doble ciego	70 pacientes
J. Spottorno, C. Gonzales de Vega, A. Hernando	Divulgar cómo mejorar los tratamientos, teniendo en cuenta las características de la corriente eléctrica de radiofrecuencia	Los efectos conseguidos mediante la aplicación de radiofrecuencia dependen del tamaño del electrodo y de su colocación	2017	-	Radiofrecuencia no invasiva	Revisión narrativa	-
J. Y. Chon, Y. J. Hahn, C. H. Sung, S. H. Jung, H. S. Moon	Describir la aplicación de RFP guiada por ultrasonido para dos casos de síndrome de túnel del tarso	La RFP ofrece una alta fiabilidad y eficacia, pudiéndose considerar una alternativa de terapia para los síndromes del túnel del tarso	2014	Pie	Radiofrecuencia pulsada ecoguiada	Serie de casos	2 pacientes
B. Kumaran, A. Herbland, T. Watson	Estudiar los cambios en el flujo sanguíneo y en los tejidos al aplicar RFC y comparar con la onda corta	Mejora del flujo sanguíneo fue mayor en los pacientes en los que se aplicó RFC. Esta técnica tiene más efectos terapéuticos beneficiosos	2017	Muslos	Radiofrecuencia continua	Estudio cruzado aleatorizado	17 voluntarios sanos
L. Guo, N. J. Kubat, R. A. Isenberg	Revisión de los efectos de la RFP como tratamiento, teniendo como objetivo terapéutico la aplicación de calor a los tejidos con una frecuencia entre 13 y 27.12 MHz	La RFP es una nueva alternativa terapéutica para aliviar el dolor. Es una técnica no invasiva, de bajo costo, segura y eficaz, que estimula la regeneración celular, reduciendo el tiempo de cicatrización de lesiones. Presenta la ventaja, de que si se cumplen sus indicaciones y contraindicaciones, no desarrolla efectos secundarios. Puede plantearse como tratamiento coadyuvante a otras terapias	2011	Boca, cuello, espalda, mamas, manos, cadera, rodilla, tobillo, pie	Radiofrecuencia pulsada	Revisión sistemática	-
E. Sir, S. Eksert	Evaluar la efectividad de la RFP guiada con ultrasonidos en dolor crónico de hombro	El efecto de la RFP presenta una reducción duradera de la sintomatología	2019	Hombro	Radiofrecuencia pulsada ecoguiada	Estudio retrospectivo	31 pacientes

(Continúa en la página siguiente)

Tabla III (Cont.). Resultados de los artículos de la base de datos.

Autores	Objetivos	Conclusiones	Año	Lugar de aplicación	Tipo de radiofrecuencia	Tipo de estudio	Número de sujetos
M. L. Hernández Bule, C. L. Paíno, M. A. Trillo, A. Úbeda	Estudiar los efectos que se producen en los tejidos al administrar ondas de radiofrecuencia de forma no invasiva	El modo no invasivo de la radiofrecuencia transmite corriente eléctrica con un rango de frecuencia de 400-450 KHz. En respuesta a estas corrientes de ondas, se produce una estimulación de la proliferación celular, que acelera la cicatrización y la recuperación de daños en los tejidos, pudiéndose indicar para casos de dolor por lesión en los tejidos musculoesqueléticos	2014	Células madre	Radiofrecuencia continua	Estudio de laboratorio	-
V. Orhurhu, I. Urits, S. Orman, O. Viswanath, A. Abd-Elseyed	Plantear como terapia alternativa la radiofrecuencia para casos de dolor en pie y tobillo	La radiofrecuencia se puede emplear como un tratamiento para el dolor en el pie, necesitando más estudios sobre el tema, para poder especificar más sobre las pautas de aplicación	2019	Pie y tobillo	Radiofrecuencia continua y radiofrecuencia pulsada	Revisión sistemática	-
S. Deniz, T. Purtuloglu, S. Tekindur, K. H. Cansiz, M. Yetim, O. Kilickaya, S. Senkal, S. Bilgic, A. Atim, E. Kurt	Evaluar la eficacia de RFP en el neuroma de Morton	Este estudio indica que la radiofrecuencia pulsada guiada por ultrasonido es una modalidad de tratamiento prometedora en el tratamiento del dolor del neuroma de Morton	2015	Pie	Radiofrecuencia pulsada ecoguiada	Estudio clínico	20 pacientes
C. E. Restrepo Garcés, A. Marinov, P. McHardy, G. Faclier, A. Ávila	Valorar la aplicación de radiofrecuencia con ultrasonido para el tratamiento de neuromas	El ultrasonido debe contemplarse como método diagnóstico del dolor. Gracias al ultrasonido, podemos detectar de manera más fácil y rápida dónde se encuentra el neuroma. Cuando ya tenemos detectado exactamente dónde se encuentra el neuroma, podemos colocar el electrodo de radiofrecuencia y eliminarlo, sin que afecte a estructuras adyacentes	2011	Pie	Radiofrecuencia pulsada ecoguiada	Informe clínico	1 paciente

alivio del dolor sin destrucción de tejido, modulando la transmisión del estímulo algíco, sin necesidad de usar técnicas quirúrgicas.

Salvatores Masala y cols.⁴ aplicaron radiofrecuencia a pacientes que presentaban hallux abductus valgus, y comprobaron cómo se redujo su sintomatología, aliviando el dolor, siendo una terapia eficaz, segura y efectiva.

Suleyman Deniz y cols.³ corroboran que la radiofrecuencia reduce el dolor en un 90 % de los casos de pacientes con

neuromas de Morton, pudiendo incluirla como una nueva alternativa para tratar esta patología, permitiendo prescindir de otras terapias más lesivas, como pueden ser las infiltraciones y las neurectomías.

Modo de aplicación de la terapia de radiofrecuencia

Hammad Usmani y cols.¹⁴, para conseguir analgesia, aplican la radiofrecuencia de forma continua, para ello establecen

que debe anesthesiarse y esterilizarse la zona, para introducir el electrodo. El electrodo está formado por una aguja, rodeada de un material aislante, y unida a un generador de corriente de radiofrecuencia. Administra una temperatura entre 60 y 80 °C, durante 60 a 120 segundos, provocando una necrocoagulación, destruyendo las fibras nerviosas.

En el mismo estudio, Hammad Usmani y cols.¹⁴ utilizan una corriente pulsada. Siguiendo el mismo protocolo anterior, emplean ráfagas cortas de radiofrecuencia con periodos de descanso. Estas ráfagas cortas de 20 ms aplican ondas 2 veces por segundo, seguido de una fase silenciosa de 480 ms, aplicadas de 4 a 6 minutos. Esto permite disipar el calor, trabajando con una temperatura de 42 °C, que no produce una necrocoagulación, al no superar el rango de temperatura letal.

Para conseguir analgesia de forma no invasiva, J. Spottorno y cols.¹⁵ usaron la máquina de "INDIBA®" (INDIBA S. A., Barcelona, España). Comprobaron que se puede conseguir analgesia, aplicando una frecuencia de onda de 448 KHz. Para ello deben emplearse dos electrodos: un electrodo activo, encargado de aplicar las ondas de forma no invasiva, y otro pasivo, que sirve de base para formar un circuito eléctrico cerrado. El activo, a diferencia del pasivo, puede ser de dos tipos, CAP y RES, y está recubierto por una película de poliamida. La dosis empleada debe incrementarse en función de la tolerancia del paciente, controlando tanto el dolor como la temperatura de la piel, que no debe aumentarse demasiado. El tratamiento debe tener una duración de 12 minutos, 2 veces por semana durante 4 semanas, sumando un total de 8 sesiones. Gracias a esta aplicación, se consigue analgesia sin efectos secundarios.

CONCLUSIONES

Esta terapia puede emplearse ante cualquier patología dolorosa del pie, pudiendo aplicarse tanto en patologías inflamatorias y mecánicas, como la fascitis plantar, como en el caso de patologías del sistema nervioso, como neuromas o síndromes de compresión nerviosa. Su mecanismo de acción depende del modo de corriente, continua o pulsada, y del tipo de electrodo, invasivo o no invasivo. Existen dos formas de aplicación, la invasiva y la no invasiva. El modo de radiofrecuencia invasiva emplea un electrodo en forma de aguja. El modo no invasivo utiliza un electrodo de forma circular y un gel conductor. No existen unas pautas claras sobre las dosis de aplicación para el alivio de la patología dolorosa.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

BIBLIOGRAFÍA

- Gates LS, Arden NK, Hannan MT, Roddy E, Gill TK, Hill CL, et al. Prevalence of Foot Pain Across an International Consortium of Population-Based Cohorts. *Arthritis Care Res.* 2019;71(5):661-70. DOI: 10.1002/acr.23829.
- Ye L, Mei Q, Li M, Gu M, Ai Z, Tang K, et al. A Comparative Efficacy Evaluation of Ultrasound-Guided Pulsed Radiofrequency Treatment in the Gastrocnemius in Managing Plantar Heel Pain: A Randomized and Controlled Trial. *Pain Med.* 2015;16(4):782-90. DOI: 10.1111/pme.12664.
- Deniz S, Purtuloglu T, Tekindur S, Cansız KH, Yetim M, Kılıçkaya O, et al. Ultrasound-guided pulsed radio frequency treatment in Morton's neuroma. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2015;105(4):302-6. DOI: 10.7547/13-128.1.
- Masala S, Fiori R, Calabria E, Raguso M, de Vivo D, Cuzzolino A, et al. Management of pain on hallux valgus with percutaneous intra-articular Pulse-Dose Radiofrequency. *Int J Rheum Dis.* 2017;20(1):46-52. DOI: 10.1111/1756-185X.12414.
- Abd-Elsayed A, Anis A, Kaye AD. Radio Frequency Ablation and Pulsed Radiofrequency for Treating Peripheral Neuralgias. Vol. 22, *Current Pain and Headache Reports.* Current Medicine Group LLC 1; 2018. p. 5. DOI: 10.1007/s11916-018-0657-9.
- Bogduk N. Pulsed radiofrequency. *Pain Med.* 2006;7(5):396-407. DOI: 10.1111/j.1526-4637.2006.00210.x.
- Ayman O, El-Hammady DHKMM, Osman AM, El-Hammady DH, Kotb MM. Pulsed Compared to Thermal Radiofrequency to the Medial Calcaneal Nerve for Management of Chronic Refractory Plantar Fasciitis: A Prospective Comparative Study. *Pain Physician.* 2016;19(8):1181-7.
- Fu M, Meng L, Ren H, Luo F. Pulsed radiofrequency inhibits expression of P2X3 receptors and alleviates neuropathic pain induced by chronic constriction injury in rats. *Chin Med J.* 2019;132(14):1706-12. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000302.
- Mata J, Valentí P, Hernández B, Mir B, Aguilar JL. Study protocol for a randomised controlled trial of ultrasound-guided pulsed radiofrequency of the genicular nerves in the treatment of patients with osteoarthritis knee pain. *BMJ Open.* 2017;7(11):1-10.
- Boudier-Revéret M, Thu AC, Hsiao MY, Shyu SG, Chang MC. The Effectiveness of Pulsed Radiofrequency on Joint Pain: A Narrative Review. *Pain Pract.* 2019;20(4):412-21. DOI: 10.1111/papr.12863.
- Shin SM, Kwak SG, Lee DG, Chang MC. Clinical Effectiveness of Intra-articular Pulsed Radiofrequency Compared to Intra-articular Corticosteroid Injection for Management of Atlanto-occipital Joint Pain. *Spine.* 2018;43(11):741-6. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002414.
- Diego IMA, Fernández-Carnero J, Val SL, Cano-De-la-Cuerda R, Calvo-Lobo C, Piédrola RM, et al. Analgesic effects of a capacitive-resistive monopolar radiofrequency in patients with myofascial chronic neck pain: A pilot randomized controlled trial. *Rev Assoc Med Bras.* 2019;65(2):156-64. DOI: 10.1590/1806-9282.65.2.156.
- Boesch JM, Campoy L, Southard T, Dewey C, Erb HN, Glead RD, et al. Histological, electrophysiological and clinical effects of thermal radiofrequency therapy of the saphenous nerve and pulsed radiofrequency therapy of the sciatic nerve in dogs. *Vet Anaesth Analg.* 2019;46(5):689-98. DOI: 10.1016/j.vaa.2019.05.006.
- Usmani H, Dureja GP, Andleeb R, Tauheed N, Asif N. Conventional radiofrequency thermocoagulation vs pulsed radiofrequency neuromodulation of ganglion impar in chronic perineal pain of nononcological origin. *Pain Med.* 2018;19(12):2348-56. DOI: 10.1093/pm/pxn244.
- Spottorno J, Gonzalez de Vega C, Buenaventura M, Hernando A. Influence of electrodes on the 448 kHz electric currents created by radiofrequency: A finite element study. *Electromagn Biol Med.* 2017;36(3):306-14. DOI: 10.1080/15368378.2017.1354015.
- Ojango C, Raguso M, Fiori R, Masala S. Pulse-dose radiofrequency treatment in pain management—initial experience. *Skeletal Radiology.* 2018;47:609-18.
- Pérez JJ, Pérez-Cajaraville JJ, Muñoz V, Berjano E. Computer modeling of electrical and thermal peradiofrecuenciaormance during bipolar pulsed radiofrequency for pain relief. *Med Phys.* 2014;41(7):071708. DOI: 10.1118/1.4883776.

18. Wu YT, Chang CY, Chou YC, Yeh CC, Li TY, Chu HY, et al. Ultrasound-Guided Pulsed Radiofrequency Stimulation of Posterior Tibial Nerve: A Potential Novel Intervention for Recalcitrant Plantar Fasciitis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;98(5):964-70. DOI: 10.1016/j.apmr.2017.01.016.
19. Sir E, Eksert S. Comparison of block and pulsed radiofrequency of the ganglion impar in coccygodynia. *Turkish J Med Sci*. 2019;49(5):1555-9. DOI: 10.3906/sag-1906-51.
20. Kumaran B, Herbland A, Watson T. Continuous-mode 448 kHz capacitive resistive monopolar radiofrequency induces greater deep blood flow changes compared to pulsed mode shortwave: a crossover study in healthy adults. *Eur J Physiother*. 2017;19(3):137-46. DOI: 10.1080/21679169.2017.1316310.
21. Chon JY, Hahn YJ, Sung CH, Jung SH, Moon HS. Pulsed radiofrequency under ultrasound guidance for the tarsal tunnel syndrome: two case reports. *J Anesth*. 2014;28(6):924-7. DOI: 10.1007/s00540-014-1831-9.
22. Albornoz M. Nuevos modelos asistenciales en electroterapia clínica. In: Albornoz M, Maya J, Toledo JV. *Electroterapia práctica. Avances en investigación clínica*. Barcelona; 2016. p. 3-7.
23. Michel R. Use of pulsed radio frequency energy in the effective treatment of recalcitrant plantar fasciitis: Six case histories. *Foot*. 2012;22(1):48-52. DOI: 10.1016/j.foot.2011.11.006.
24. Sir E, Eksert S. Ultrasound-guided pulsed radiofrequency neuromodulation of the suprascapular nerve in partial rotator cuff tears. *Turk J Med Sci*;2019:1524-8. DOI: 10.3906/sag-1906-132.
25. Hernández-Bule ML, Páino CL, Trillo MÁ, Úbeda A. Electric stimulation at 448 kHz promotes proliferation of human mesenchymal stem cells. *Cell Physiol Biochem*. 2014;34(5):1741-55. DOI: 10.1159/000366375.
26. Guo L, Kubat NJ, Isenberg RA. Pulsed radio frequency energy (PRADIOFRECUENCIAE) use in human medical applications. *Electromagn Biol Med*. 2011;30(1):21-45. DOI: 10.3109/15368378.2011.566775.
27. Restrepo-Garces CE, Marinov A, McHardy P, Faclier G, Avila A. Pulsed Radiofrequency Under Ultrasound Guidance for Persistent Stump-Neuroma Pain. *Pain Pract*. 2011;11(1):98-102. DOI: 10.1111/j.1533-2500.2010.00398.x.
28. Orhurhu V, Urits I, Orman S, Viswanath O, Abd-Elseyed A. A Systematic Review of Radiofrequency Treatment of the Ankle for the Management of Chronic Foot and Ankle Pain. *Curr Pain Headache Rep*. 2019;23:4. DOI: 10.1007/s11916-019-0745-5.