

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

UNIVERSITAS Miguel Hernández

**SISTEMA SUPER INDUCTIVO EN EDEMA ÓSEO.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

AUTOR: Walczyk, Gabriela Halina

Nº Expediente: 50

TUTOR: Andres Ortega, Juan Carlos

Curso académico 2021-2022.

Convocatoria de junio

Índice

Resumen	3
Introducción.....	5
Objetivos.....	8
Material y método.....	9
Resultados.....	12
Discusión.....	14
Conclusiones.....	17
Anexos.....	18
Referencias bibliográficas.....	26

Resumen

Introducción. El edema óseo se produce por una inflamación de la parte interna del hueso provocada por la acumulación de líquidos y sangre (glóbulos rojos, blancos y plaquetas) produciendo así el edema. Puede tener diferentes orígenes como traumatismos (fracturas), sobrecarga continuada o incluso por una lesión degenerativa. El síntoma principal es un dolor localizado en la zona del hueso afectado debido al aumento de presión provocado por el acúmulo de líquidos.

Objetivo/s. Observar si el sistema super inductivo tiene un efecto positivo en el tratamiento del edema óseo.

Material y métodos: Se realizó la búsqueda bibliográfica en cuatro bases de datos diferentes, utilizando las palabras clave junto a los operadores booleanos OR y AND. Mediante los filtros aplicados y siguiendo los criterios de inclusión y exclusión, se han obtenido 7 artículos.

Resultados. El tratamiento con el campo electromagnético pulsado ha resultado ser útil en la consolidación ósea y en aumentar de la densidad ósea después de una fractura y al mismo tiempo disminuye el tiempo de tratamiento. Además, según algunos estudios, ayuda en la disminución del edema, pero se necesita más investigación para demostrar su eficacia.

Conclusión: Se pueden observar resultados favorables en la consolidación ósea. Sin embargo, se necesita investigación para demostrar la eficacia del sistema super inductivo en el edema óseo.

Palabras clave: “super inductive system”, “repetitive peripheral magnetic stimulation”, “pulsed electromagnetic field”, “bone edema” y “fractura”.

Abstract.

Introduction. Bone edema is caused by an inflammation of the internal part of the bone caused by the accumulation of fluids and blood (red and white blood cells, and platelets), thus producing edema. It can have different origins such as trauma (fractures), continuous overload or even a degenerative injury. The main symptom is localized pain in the area of the affected bone due to increased pressure caused by the accumulation of fluids.

Objective/s. Observe if the super inductive system has a positive effect in the treatment of bone edema.

Material and methods. The bibliographic search was carried out in four different databases, using the keywords together with the Boolean operators OR and AND. Through the applied filters and following the inclusion and exclusion criteria, 7 articles have been obtained.

Results. Treatment with the pulsed electromagnetic field has proven to be useful in bone consolidation and in increasing bone density after a fracture and at the same time decreases the treatment time. Also, according to some studies, it helps in decreasing edema, but more research is needed to prove its effectiveness.

Conclusion. Favorable results can be observed in bone consolidation. However, research is needed to demonstrate the efficacy of the super inductive system on bone edema.

Keywords: “super inductive system”, “repetitive peripheral magnetic stimulation”, “pulsed electromagnetic field”, “bone edema” y “fractura”.

1. INTRODUCCIÓN

Para entender qué es y cómo se produce el edema óseo, es importante saber cómo está formado el hueso. El hueso está formado por hueso compacto y hueso esponjoso o trabecular. El hueso compacto forma la corteza de los huesos corticales y es la que proporciona la fuerza del hueso. La parte interna del hueso es esponjosa está formada por trabéculas. Su función es dar fuerza adicional al hueso y apoyar la médula ósea. El edema óseo se produce cuando se inflama el hueso esponjoso o trabecular.⁵ La médula ósea está formada por tejido rico en grasa (en sitios periféricos del hueso). Este tejido tiene un patrón de señal característico en las resonancias magnéticas. Se puede observar imágenes brillantes en imágenes ponderadas en T1 y una señal oscura en T2. Cualquier cambio de estas imágenes es la consecuencia del cambio del tejido graso por material rico en agua.

Esta lesión se llama “edema óseo” y se caracteriza por una señal en la zona medular alterada en la que la señal T1 está disminuida y la señal T2 está aumentada. Esto suele ocurrir en una parte específica de la médula ósea en la que el tejido graso se reemplaza por agua.^{1,2,3,5}

La causa del edema óseo, en algunos casos, es desconocida, pero la mayoría de los casos se debe a diferentes patologías que pueden ser responsables: trauma (fractura, lesión directa, daño ligamentoso), degenerativa (osteoartritis), neoplásicas (cáncer óseo primario o secundario), infeccioso (artritis séptica), inflamatoria (artritis inflamatoria), metabólico, iatrogénica (después de radioterapia), isquémica y neurológica.^{1,2}

En cuanto a las manifestaciones clínicas, el edema suele ir acompañado por edema de las partes blandas y el derrame articular. Los pacientes suelen referir el dolor articular de forma espontánea. Afecta, sobre todo, las articulaciones de los miembros inferiores. Los síntomas son: inflamación, dolor que aumenta al cargar la articulación e impotencia.^{2,4}

El diagnóstico es muy importante para descartar diferentes patologías porque la diferenciación temprana de otras patologías es fundamental para evitar tratamientos innecesarios.²

Dicho diagnóstico se realizará a través de diferentes pruebas, dependiendo del tiempo que ha pasado desde el inicio de los síntomas y qué es lo que se quiere observar en la prueba.^{1,2}

Una de las pruebas diagnósticas que se puede hacer es la radiografía (Rx). Con ella, se puede observar la desmineralización ósea que suele acompañar al edema. Inicialmente, no se puede observar ningún cambio en la radiografía. Los primeros cambios en el hueso son visibles a partir de 3-8 semanas después del comienzo de los síntomas. La mineralización ósea completa puede tardar desde unas semanas hasta 2 años después de que el paciente quede asintomático.^{1,2}

Otra prueba posible es la Tomografía Computarizada (TC). Con ella no se puede detectar el edema óseo, pero en el caso de que la resonancia magnética esté contraindicada en los pacientes, es útil para observar la desmineralización ósea inicial, antes de que se vea en la radiografía.^{1,2}

La prueba que más eficacia tiene es la resonancia magnética (RM). Esta prueba permite detectar el edema óseo que no se puede ver en las otras pruebas descritas anteriormente. Es observable después de 48 horas del inicio de los síntomas. El edema se puede extender por la médula hacia otras zonas más alejadas. También, se puede observar el derrame o proliferación sinovial articular y edema de tejidos blandos periarticulares. Antes del advenimiento de la resonancia magnética, el edema era muy complicado de evaluar porque la corteza muchas veces está intacta.^{1,2,5}

El tratamiento más utilizado es el conservado. Se realiza una descarga articular parcial mediante la cual se disminuye el dolor. Se debe tener en cuenta que si se realiza una descarga total prolongada de las articulaciones, puede favorecer la desmineralización ósea. Por ello, es importante que los pacientes caminen usando las muletas que permiten esa descarga parcial y para mantener en uso las articulaciones. También, se pueden administrar analgésicos suaves y que disminuyan el dolor (analgésicos, AINES).^{2,6}

Además, se recomienda tomar calcio y tener sesiones con fisioterapia, en las cuales se realizarán sesiones de masoterapia, terapia de relajación y magnetoterapia.^{4,15}

En cuanto al tratamiento del edema óseo, se comprobará si hay o no evidencia científica del sistema super inductivo. Pero ¿qué es el sistema super inductivo y en qué consiste?

El sistema super inductivo (super inductive system), también llamado estimulación magnética de pulso repetitivo (repetitive peripheral magnetic stimulation), peripheral electromagnetic field (PEMF) o estimulación magnética periférica (peripheral magnetic stimulation) o es una técnica no invasiva e

indolora que administra campo magnético de alta intensidad , pulsaciones rápidas y baja frecuencia que llegan a la periferia pero no al cerebro.^{7,8} Esto permite aumentar la permeabilidad de la membrana celular y estimular muchas funciones intracelulares.^{8,9}

Gracias a estas características, se producen varios cambios en el cuerpo humano: se facilita la formación de callos fibrocartilaginosos, aumenta la circulación sanguínea en la zona afectada, se inicia el proceso de mineralización progresiva del cartílago y comienza la remodelación ósea.¹⁰

Esta técnica proporciona muchas ventajas. Primero, el campo magnético puede atravesar cualquier medio, sin atenuación de energía. Esto permite la penetración en tejidos profundos, como músculos profundos o raíces nerviosas espinales. Además, el campo magnético sólo disminuye inversamente proporcional a la distancia desde la bobina del generador. Gracias a esto, no es necesario el contacto mecánico, por lo que se puede aplicar a pacientes con alodinia al tacto de la piel o hipersensibilidad extrema. Además, como el campo magnético atraviesa la ropa, los pacientes no tienen que desvestirse.^{7,11}

Los efectos terapéuticos son disminución del dolor (tanto agudo como crónico), disminución del edema, mioestimulante, miorrelajante, efecto de liberación de hinchazón, mejora de la circulación, mantienen la zona trófica del área afectada, mejoran la elasticidad de los tejidos, acelerar la cicatrización de heridas, ayudan en la disminución de la inflamación, unificación ósea y en la estimulación de los sistemas inmunológico y endocrino.^{9,11,12,13,14}

Podemos concluir que el rPMS puede considerarse como un método de tratamiento con un alto nivel de tolerancia y seguridad.⁸

2. OBJETIVOS

Pregunta PICO:

Efectividad del campo electromagnético pulsado en pacientes con edema óseo o fractura, en la reducción del edema y mejorar la consolidación ósea.

Generales:

- Conocer la efectividad del campo electromagnético en el edema óseo y en consolidación ósea en fracturas.

Específicos:

- conocer el tiempo y las sesiones necesarias para observar una mejoría
- observar si tiene efecto en aumentar la densidad ósea
- observar si disminuye el dolor



3. MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche, con el siguiente código COIR: **TFG.GFI.JCAO.GHW.220502**

Para la elaboración de esta revisión bibliográfica, se han realizado búsquedas en cuatro bases de datos: Pubmed, Scopus, Web of Science y Cochrane. Estas búsquedas se realizaron entre los meses de Marzo y Abril de 2022.

En estas base de datos, los términos de búsqueda utilizados han sido: “super inductive system”, “repetitive peripheral magnetic stimulation”, “pulsed magnetic fields”, “bone edema” y “bone marrow edema”. Además, se han utilizado los enlaces booleanos AND y OR para afinar las búsquedas en las bases de datos utilizadas.

Debido a que no hay estudios en el edema óseo, es imprescindible ampliar la ecuación de búsqueda, añadiendo la palabra “fractures” ya que clínicamente, el edema óseo se presenta en las fracturas caracterizado por la pérdida de la densidad ósea. Llegando a esta conclusión, se realiza la búsqueda centrándose en los estudios con fracturas para observar si tiene un efecto positivo en la consolidación ósea y aumento de la densidad ósea.

Los criterios de inclusión fueron:

- población humana
- pacientes con edema óseo o fractura
- artículos en inglés y español
- texto completo
- publicados después de 2012
- ensayos clínicos

Los criterios de exclusión fueron:

- estudios en animales
- artículos en otro idioma que inglés o español

- Estudios que no sean ensayos clínicos
- publicados antes del 2012
- trabajos duplicados

Se puede observar cómo se ha hecho la búsqueda bibliográfica en las diferentes bases de datos en el diagrama de flujo (FIGURA 1)

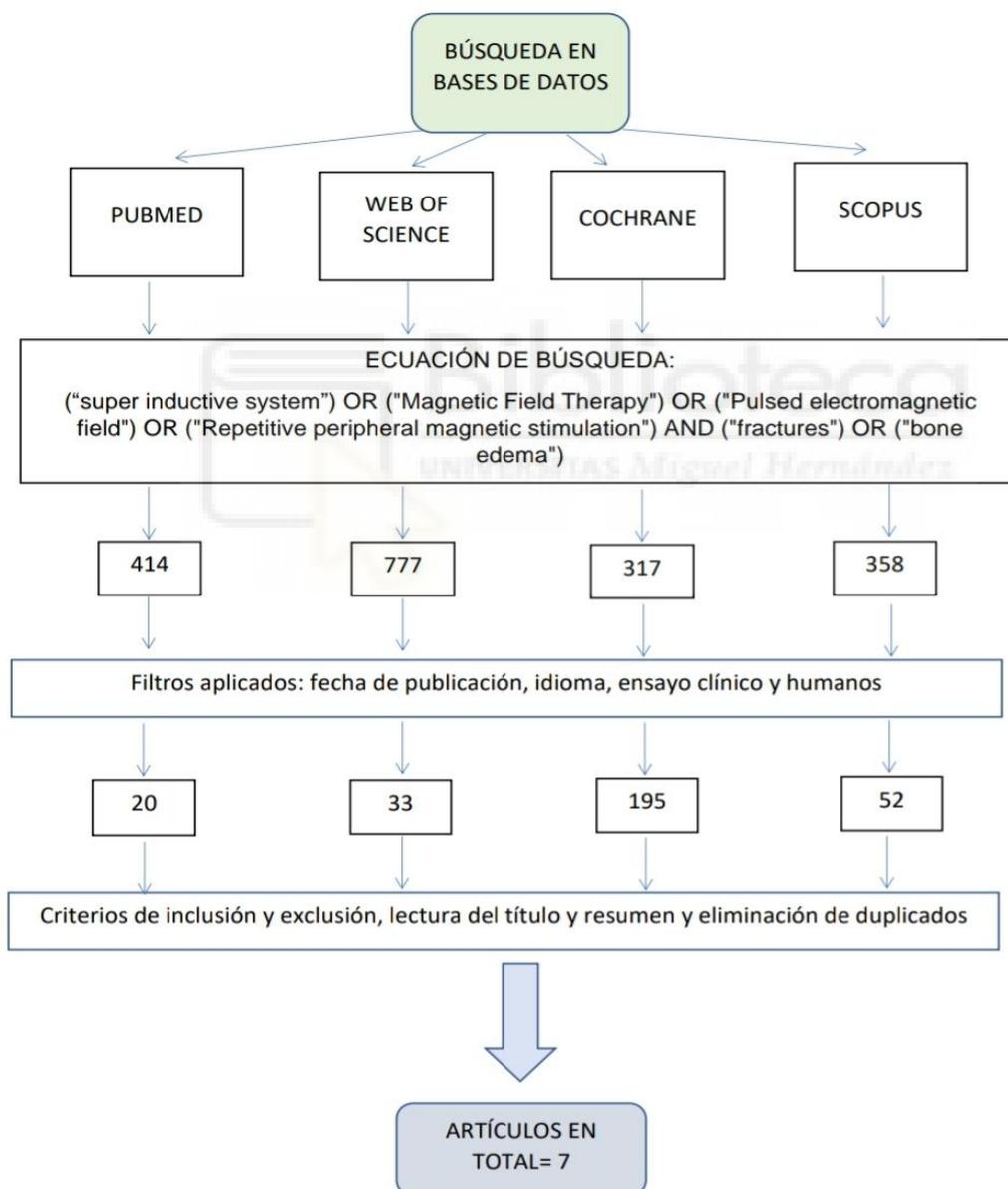


FIGURA 1 : DIAGRAMA DE FLUJO.

En las cuatro bases de datos, se obtienen un total de 1866 resultados.

La primera base de datos en la que se ha realizado la búsqueda fue en Pubmed, poniendo las palabras clave (“super inductive system”) OR (“Magnetic Field Therapy”) OR (“Pulsed electromagnetic field”) OR (“Repetitive peripheral magnetic stimulation”) AND (“fractures”) OR (“bone edema”), obteniendo 414 resultados. Añadiendo los filtros de los últimos 10 años, humanos, ensayos clínicos y artículos sólo en inglés y español se obtienen 20 resultados.

En Web of Science se han obtenido un total de 777 resultados, pero al aplicar los mismos filtros que en Pubmed, se obtienen 33 resultados.

En Cochrane se han alcanzado 317 resultados, pero filtrando con los mismos criterios, se quedan 195 resultados.

En Scopus se obtuvieron 358 resultados, que tras aplicar los mismos filtros, quedan 52 artículos.

Finalmente, al aplicar los criterios de inclusión y exclusión y tras leer los títulos y resúmenes de los artículos, nos quedamos con 7 resultados.



4. RESULTADOS

En este apartado se realizará una explicación de los artículos que se han obtenido anteriormente. Para una comprensión más fácil, se ha realizado un resumen en la Tabla 1 (anexo 1: tabla resultados).

Todos los artículos son ensayos clínicos aleatorizados menos uno de Krzyzanska (21) que es un ensayo clínico controlado.

Los estudios de Krzyzanska (21) y Lazović (16) valoran el edema que se ha producido después de la fractura distal de radio. En el caso de Lazović (16) se pueden observar cambios significativos en el edema comparando con el grupo control. En cambio, en el estudio de Krzyzanska (21) no se observa diferencia significativa en el edema. Además de aplicar el campo electromagnético pulsado, en ambos estudios se incluyen ejercicios para casa cuyo objetivo era la movilización de las articulaciones vecinas (hombro, codo, dedos) para mantener el rango articular.

Los estudios de Martínez Rondanelli (18) y Shi (19) valoraron cómo influye el campo electromagnético en el tratamiento de las fracturas de los huesos largos. Antes de comenzar el tratamiento, todos los pacientes han sido tratados quirúrgicamente para fijar la fractura. En ambos estudios se observan cambios significativos en la consolidación ósea y se ha observado que la aplicación del campo electromagnético ayuda a aumentar la tasa de unión comparando con el grupo control.

En el estudio Mohajerani (17) se han incluido pacientes que antes de comenzar el tratamiento, han sido tratados quirúrgicamente después de una fractura mandibular en la que se ha realizado una fijación maxilomandibular. Se aplican varios tiempos de tratamiento dependiendo del día de tratamiento, pero siempre poniendo los mismos parámetros. Además de medir la consolidación ósea que ha mejorado significativamente comparado con el grupo control, también observaron un aumento de la densidad ósea después de cuatro semanas de tratamiento con el campo electromagnético pulsado.

El estudio de Sheit (22) aplica el tratamiento con campo electromagnético en pacientes con fractura de quinto metatarsiano, que antes de comenzar el tratamiento, han sido sometidos a la reducción abierta y fijación interna. Se puede observar que hay una diferencia significativa en la consolidación ósea, siendo el tiempo de 8,9 semanas en el grupo tratado y 14,7 semanas en el grupo control.

El estudio de Hannemann (20) aplica el campo electromagnético en pacientes que han sufrido una fractura del escafoides tratada mediante la inmovilización con yeso. No hubo una diferencia de la aceleración de la unión ósea porque en ambos grupos la consolidación tardó una media de nueve semanas ($p = 0,32$).

Tres estudios valoraron cómo influye el campo electromagnético pulsado en el dolor. En dos estudios, Mohajerani (17) y Krzyzanska (21) se puede observar una disminución significativa ($p < 0.0001$) comparado con el grupo control. En cambio, en el estudio de Lazović (16) se observa una disminución de dolor pero no es significativa como en los otros ensayos.

Finalmente, en relación al nivel de evidencia, todos los artículos tienen una puntuación mayor o igual a 6 sobre 10 en la escala Pedro (ver tabla en anexo 2). De los artículos seleccionados, tres se centraron en el tratamiento de pacientes con fractura inmovilizada con yeso y cuatro valoraron cómo influye el campo electromagnético en pacientes que han tenido una fijación quirúrgica antes de comenzar el tratamiento.

5. DISCUSIÓN

Esta revisión bibliográfica se ha realizado con el principal objetivo de evaluar la eficacia del tratamiento con campo electromagnético pulsado en el tratamiento de fracturas.

Según los resultados obtenidos por los diferentes artículos, se plantea que la terapia con el campo electromagnético pulsado puede ser una buena herramienta para ayudar en la consolidación ósea y disminuir el edema. Esto se debe a que el PEMF produce efectos terapéuticos en las fracturas que son: disminución de dolor, disminución del edema, mejora de la circulación y aceleración de la unificación ósea. (12). Sin embargo, es importante conocer bien qué parámetros son óptimos, debido a que los artículos no coinciden en la dosificación ni el tiempo de tratamiento. Sólo en dos estudios Krzyzanska (21) y de Lazović (16) se aplican los mismos parámetros y el tiempo de aplicación es muy parecido. En otros estudios, los valores son diferentes unos respecto a otros y en los estudios de Shi (19) y Sheit (22) los valores de la frecuencia e intensidad no están especificados.

En cuanto a la consolidación ósea, tres artículos demuestran la eficacia de PEMF en la disminución del tiempo de consolidación mientras que un estudio no. En el estudio de Sheit (22) hay que tener en cuenta que la muestra es muy pequeña porque los resultados obtenidos pueden no ser fiables, pero se observa un cambio significativo en la consolidación ósea, siendo la consolidación de 8,9 semanas en el grupo tratado y 14,7 en el grupo control. Otro resultado significativo se puede observar en el estudio de Shi (19) en el cual después del tratamiento medio de 4,6 meses, los resultados fueron de 77,4% del grupo tratado y 48,1% en el grupo control. Martinez Rondanelli (18) demuestra que los pacientes que recibieron tratamiento con PEMF entre 16 semanas y 6 meses de retraso en la consolidación tuvieron una tasa de consolidación significativamente mayor en comparación con los que recibieron tratamiento con PEMF después de 6 meses o más de retraso en la consolidación. En cambio, el estudio de Hannemann (20) no demostró eficacia en la aceleración de la consolidación ósea y en la disminución del tiempo de tratamiento.

Cuatro artículos valoran cómo influye el tratamiento con PEMF en la disminución del dolor. En tres de ellos (16,17,21) los autores demuestran que con la terapia se puede aliviar el dolor comparando con el grupo control. Krzyzanska (21) observa una disminución de dolor en la tercera semana del tratamiento ($p=0,0052$) y en la sexta semana el descenso de dolor es significativo ($p<0,001$). En los estudios de Lazović (16) y Mohajerani (17) a pesar de obtener mejores resultados en el grupo PEMF, no se ha logrado una diferencia significativa. Un estudio demuestra que se puede lograr una disminución más significativa combinando la terapia PEMF con hielo en vez de aplicar hielo o la terapia PEMF solos (24). A pesar de que varios ensayos tuvieron resultados favorables, el estudio de Hannemann (20) no demuestra mejoras en el dolor.

Dos ensayos valoran cómo influye el tratamiento con PEMF en la disminución del edema al tener el yeso retirado. Lazović (16) y Krzyzanska (21) aplican los mismos parámetros y el tiempo de aplicación es muy parecido, aplicando 20 y 30 minutos respectivamente.

En el ensayo de Lazović (16) se observa una disminución significativa del edema comparando con el grupo control ($p<0,001$). Un estudio observó que la aplicación del campo electromagnético de alta intensidad en los pacientes que tuvieron el yeso retirado, ha producido un descenso del edema porque produce una mejora circulatoria en el tejido tratado (25). Por otro lado, el estudio de Krzyzanska (21) a pesar de tener los mismos parámetros que el estudio de Lazović (16), no se ha observado una disminución significativa en el edema comparado con el grupo control.

Finalmente, el único estudio que además de valorar la consolidación ósea, valora también cómo influye el tratamiento con PEMF en la densidad ósea fue de Mohajerani (17). Se observa que los valores de la densidad ósea han disminuido al día 14 postoperatorio, que podría deberse al inicio de la etapa de regeneración. En cambio, al día 28 postoperatorio, los valores de la densidad ósea han aumentado significativamente, debido a la regeneración del callo. Estos datos coinciden con otro estudio, que informó de una disminución de la densidad ósea en el día 15 posterior a la cirugía y aumento de estos valores 30 días después de la cirugía (23).

Limitaciones y sesgos.

Una de las limitaciones principales de esta revisión es que el trabajo ha sido realizado por solo un evaluador, que implica una visión reducida en la búsqueda bibliográfica, selección de artículos y el análisis de los resultados. Otra limitación muy importante es la poca cantidad de estudios que hay hasta ahora sobre el edema óseo y fracturas. Por último, sólo se ha realizado la búsqueda en 4 bases de datos diferentes y solamente se han incluido estudios en inglés y en español.

Líneas futuras.

Sería interesante hacer más investigación (sobre todo, ensayos clínicos) sobre el sistema super inductivo para poder evidenciar mejor el funcionamiento en el edema óseo y en la consolidación de fracturas. También, son necesarios estudios con tamaños muestrales mayores ya que la mayoría de los estudios incluía una muestra muy pequeña.



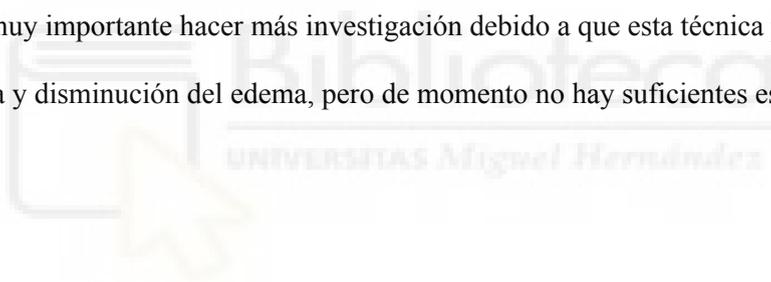
6. CONCLUSIÓN

Después de haber revisado la literatura científica sobre este tema, se puede concluir que el campo electromagnético pulsado tiene un efecto positivo en el tratamiento de fracturas. Es una técnica indolora, no invasiva, está bien tolerada por los pacientes y no suele producir efectos adversos.

A día de hoy, hay muy pocos estudios realizados en fracturas y no hay ningún ensayo clínico que estudie solamente el tratamiento del edema óseo. En los pocos estudios que hay, se puede observar la eficacia en fracturas y en un caso también se observa la disminución del edema producido por la fractura.

Debido a que los parámetros, tiempo de aplicación y sesiones son diferentes en la mayoría de los ensayos, es muy importante hacer estudios, sobre todo, ensayos clínicos para determinar estas tres variables.

Concluyendo, es muy importante hacer más investigación debido a que esta técnica puede favorecer la consolidación ósea y disminución del edema, pero de momento no hay suficientes estudios que lo confirmen.



ANEXOS:

Anexo 1: Tabla de resultados.

Tabla resultados 1.

Título / año / autores	Tipo de estudio y objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones
<p>Pulsed Electromagnetic Field during Cast Immobilization in Postmenopausal Women with Colles' Fracture</p> <p>Año: 2012</p> <p>Milica Lazović, Mirjana Kocić, Lidija Dimitrijević</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado controlado</p> <p>Objetivos: observar si el uso de PEMF durante la inmovilización con yeso proporciona beneficios en el edema, dolor, rango articular.</p>	<p>Se incluyeron a 60 mujeres mayores de 55 años con DRF tratado con reducción e inmovilización con yeso, donde 30 mujeres formaban el grupo PEMF y 30 formaban el grupo control. Los pacientes del grupo PEMF recibieron el tratamiento 10 días durante 30 minutos diarios, con 6mT de intensidad y la frecuencia de 25Hz, mientras que el grupo control no recibió el tratamiento. Se valoró el dolor, función, rango articular de la muñeca y antebrazo.</p>	<p>Se observan valores medios más altos en la mayoría de los parámetros examinados en el grupo PEMF comparando con el grupo control. La diferencia más estadísticamente significativa fue para el edema ($p < 0.001$), supinación ($p < 0,01$), rango de flexión y extensión.</p>	<p>Después de los 10 días de terapia, los pacientes obtuvieron mejores resultados inmediatamente después de tener el yeso retirado en el edema y ROM de la muñeca comparando con el grupo sin terapia PEMF. También, se observa una mejora en el dolor, pero no es tan significativa.</p>

Tabla resultados 2.

Título / año / autores	Tipo de estudio y objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones
<p>The clinical and radiological outcome of pulsed electromagnetic field treatment for acute scaphoid fractures: a randomized double-blind placebo-controlled multicentre trial</p> <p>Año: 2012</p> <p>P. F. W. Hannemann K. W. A. Göttgens B. J. van Wely</p>	<p>Tipo de estudio: ensayo clínico aleatorizado</p> <p>Objetivo: observar si el tratamiento con PEMF permite la consolidación ósea en pacientes con fractura aguda de escafoides.</p>	<p>Se eligieron un total de 53 pacientes con una fractura de escafoides aguda unilateral no desplazada. Se incluían 24 pacientes en el grupo PEMF y 29 pacientes en el grupo placebo. Todas las fracturas fueron inmovilizadas con el yeso. La estimulación electromagnética se aplicaba continuamente durante 24h al día. Se aplicaba mediante una bobina flexible incorporada en el yeso en el sitio de la fractura.</p>	<p>No se observaron diferencias significativas entre los grupos. En ambos grupos la consolidación tardó una media de nueve semanas ($p = 0,32$). Después de la valoración de consolidación ósea, se puede observar que los valores entre ambos grupos son muy parecidos. Todos los pacientes terminaron el estudio y salieron con la fractura consolidada.</p>	<p>Después de valorar los resultados, se ha observado que añadir PEMF al tratamiento conservador de las fracturas agudas de escafoides no han acelerado la consolidación ósea.</p>

Tabla resultados 3.

Título / año / autores	Tipo de estudio y objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones
<p>Early application of pulsed electromagnetic field in the treatment of postoperative delayed union of long-bone fractures: a prospective randomized controlled study.</p> <p>Año: 2013</p> <p>Hong-fei Shi Jin Xiong Yi-xin Chen</p>	<p>Tipo de estudio: ensayo clínico aleatorizado.</p> <p>Objetivo: observar si hay beneficios en la aplicación temprana de PEMF en la consolidación posoperatoria tardía de fracturas de huesos largos comparado con el grupo control con tratamiento simulado</p>	<p>Se incluyeron 58 pacientes, de los cuales 31 reciben el tratamiento con PEMF y 27 formaban el grupo control.</p> <p>Se escogieron pacientes que presentaron un retraso en la consolidación ósea entre 16 semanas y 6 meses después de la cirugía(tiempo medio transcurrido fue de 4.8 meses en el grupo PEMF y 5.1 meses en el grupo control.</p> <p>Los pacientes de ambos grupos tuvieron el aparato encendido durante 8 horas al día.</p>	<p>Después de tres meses de tratamiento, 12 pacientes del grupo PEMF lograron la consolidación con una tasa de éxito del 38,7 %, mientras que en el grupo control fue del 22.2%</p> <p>Al final del estudio, se ha observado que el tratamiento con PEMF realizado con una media de 4,8 meses condujo a una tasa de éxito del 77,4 %. Esto fue significativamente más alto que el grupo control, que tuvo una duración promedio de 4,4 meses y una tasa de éxito del 48,1%.</p>	<p>Los pacientes que tuvieron el tratamiento con la aplicación temprana de PEMF mejora la curación de la fractura y conduce a una tasa de consolidación significativamente mayor en comparación con los pacientes que recibieron el tratamiento simulado.</p>

Tabla resultados 4.

Título / año / autores	Tipo de estudio y objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones
<p>Electromagnetic stimulation as coadjuvant in the healing of diaphyseal femoral fractures: a randomized controlled trial</p> <p>Año: 2014</p> <p>Alfredo Martinez-Rondanelli Juan Pablo Martinez María E Moncada.</p>	<p>Tipo de estudio: ensayo clínico aleatorizado.</p> <p>Objetivo: observar si la terapia con el campo electromagnético mejora la consolidación de fracturas.</p>	<p>Se incluyeron 63 pacientes de los que 32 formaban el grupo de tratamiento con campo electromagnético y 31 formaban el grupo control. El tratamiento comenzó 6 semanas después del día de la fractura. Los pacientes de ambos grupos se llevaron el dispositivo a sus casas, donde lo aplicaban todos los días durante 1h al día durante ocho semanas. Se aplicaban señales sinusoidales de baja frecuencia (5-105 Hz) y la intensidad entre 0,5-2,0 mT</p>	<p>Se puede observar que la consolidación ósea en la semana 12 post cirugía fue del 75 % frente al 58 % (p= 0,1), en la semana 18 del 94 % frente al 80 % (p= 0,15), y en la semana 24 la misma en el grupo tratado (94 %) frente al 87 % (p= 0,43) para el grupo dispositivo y el grupo placebo respectivamente. Demuestra que la consolidación ósea se produce en menor tiempo utilizando el campo electromagnético. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa debido a que después de 24 semanas de terapia electromagnética desde el día de la fractura, no se identificaron diferencias entre ambos grupos, 94% vs 87% (p= 0,43).</p>	<p>El tratamiento con la estimulación electromagnética es una terapia segura que puede utilizarse para la consolidación ósea, sobre todo, al inicio del tratamiento, porque es donde se puede observar el mayor eficacia.</p>

Tabla resultados 5

Título / año / autores	Tipo de estudio y objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones
<p>Effect on Clinical Outcome and Growth Factor Synthesis With Adjunctive Use of Pulsed Electromagnetic Fields for Fifth Metatarsal Nonunion Fracture: A Double-Blind Randomized Study</p> <p>Año: 2016</p> <p>Adam Streit, B. Collier Watson, Jaymes D. Granata</p>	<p>Tipo de estudio: ensayo clínico aleatorizado</p> <p>Objetivo: observar si el efecto de campos electromagnéticos pulsados(PEMF) tiene un efecto en el factor de crecimiento de hueso y el tiempo de consolidación ósea del quinto metatarsiano.</p>	<p>Se han escogido un total de 8 pacientes después de una intervención quirúrgica y se dividieron en 5 pacientes de grupo PEMF y 3 en grupo control. Los pacientes recibieron un activo o no activo sistema de PEMF que se aplicaba 10h al día.Después de tres semanas del inicio del tratamiento, (+/- 1 semana), cada grupo repite la biopsia para observar si hay cambios en el hueso. Esto se repite hasta observar éxito o fracaso.</p>	<p>Todas las fracturas cicatrizaron en ambos grupos de tratamiento. El tiempo hasta la consolidación fue de 8,9 semanas en el grupo tratado con PEMF y 14,7 semanas en el grupo control. Se encontró un aumento significativo en el nivel del factor de crecimiento después del tratamiento con PEMF activo (P = 0,043), mientras que en el grupo control no se encontraron diferencias significativas.</p>	<p>El uso complementario de PEMF para las fracturas del quinto metatarsiano produjo un aumento significativo del factor de crecimiento y se ha producido una disminución del tiempo de consolidación ósea comparado con el grupo control que no ha recibido el tratamiento.</p>

Tabla resultado 6

Título / año / autores	Tipo de estudio y objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones
<p>Effect of pulsed electromagnetic field on mandibular fracture healing: A randomized control trial, (RCT)</p> <p>Año: 2019</p> <p>H Mohajerani , F Tabeie , F Vossoughi.</p>	<p>Tipo de estudio: ensayo clínico aleatorizado</p> <p>Objetivo: evaluar el efecto de PEMF en la consolidación del hueso mandibular tras sufrir una fractura y ver si disminuye el dolor.</p>	<p>Se incluyeron 32 pacientes con fractura de la mandíbula de los cuales 16 tuvieron el tratamiento con PEMF y 16 formaban el grupo control.</p> <p>El primer día, la terapia PEMF posquirúrgica se aplicaba durante 6 horas al día. A lo largo de los siguientes 6 días, recibieron 3 horas al día y , finalmente, para los días 8-14 se aplicaba durante 1.5 horas posteriores a la cirugía con la misma intensidad de 1mT y 40 Hz de frecuencia.</p>	<p>Inicialmente, no hubo una diferencia significativa de los valores medios de la densidad entre ambos grupos ($P > 0,05$). Se puede observar que el % de cambios en la densidad ósea en el grupo tratado con PEMF tuvo disminución de la densidad ósea 14 días posteriores a la cirugía y un aumento significativo después de los 28 días después de la cirugía comparado con el grupo de control ($P < 0,05$).</p> <p>El dolor disminuye significativamente comparado con el grupo control teniendo los valores finales de 0.8/10 en grupo PEMF y 2.4/10 en grupo control.</p>	<p>El PEMF en pacientes postoperatorios proporciona un aumento en la densidad ósea, una recuperación más rápida, un aumento en la formación de hueso nuevo y disminución del dolor. Al mismo tiempo, la aplicación es fácil de aplicar, sencilla y no invasiva y es un método eficaz para comenzar el tratamiento en la región de la fractura.</p>

Tabla resultados 7

Título / año / autores	Tipo de estudio y objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones
<p>Beneficial Effects of Pulsed Electromagnetic Field during Cast Immobilization in Patients with Distal Radius Fracture</p> <p>Año: 2020</p> <p>Lucyna Krzyzanska, Anna Straburzyńska-Lupa, Patrycja Rąglewska,</p>	<p>Tipo de estudio: ensayo clínico controlado</p> <p>Objetivo: Evaluar si la terapia con campo electromagnético pulsado tiene eficacia en fracturas distales de radio durante la inmovilización con yeso.</p>	<p>Se incluyen en total 52 pacientes, de los cuales 27 estaban en el grupo PEMF y 25 pacientes estaban en el grupo control. Se aplicaba la intensidad de 6–10 mT y una frecuencia de 25–30 Hz y cada tratamiento duraba 30 minutos. El campo magnético aplicado se generaba durante 1s con una pausa. La duración de la pausa en el primer tratamiento fue de 3 s y se reducía 0,5 s en cada aplicación consecutiva. A partir de la séptima sesión, el campo magnético aplicado se aplicaba con una amplitud constante durante el tratamiento. Se valoraba el dolor y el edema.</p>	<p>No hubo una diferencia significativa en la disminución del edema entre ambos grupos. En cambio, la disminución de dolor fue significativamente mayor en el grupo tratado con campo electromagnético pulsado comparando con el grupo control. En tres semanas $p < 0.0052$ y en seis semanas $p < 0,0001$).</p>	<p>La administración temprana de PEMF al tratamiento de la fractura distal de radio durante la inmovilización con yeso tiene efecto beneficioso, sobre todo, en el dolor pero desafortunadamente, no se ha observado un cambio significativo en el edema entre el grupo tratado con el campo electromagnético y el grupo control.</p>

Anexo 2: escala Pedro

ESCALA PEDro	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Grupos similares	Sujetos cegados	Terapeutas cegados	Evaluadores cegados	Seguimiento adecuado	Intención de tratar	Comparación entre grupos	Medidas puntuales de variabilidad	Puntuación total
Milica Lazović et al. 2012	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	7/10
P. F. W. Hannemann et al. 2012	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9/10
Hong-fei Shi et al. 2013	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8/10
Alfredo Martinez-Rondanelli et al. 2014	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9/10
Adam Streit et al. 2016	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9/10
H.Mohajerani et al. 2019	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Lucyna Krzyżańska et al. 2020	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10

Bibliografía:

1. Sanjeev Patel. **Primary bone marrow oedema syndromes.** *Rheumatology*, Volume 53, Issue 5, May 2014, Pages 785–792
2. J.V. Tovar Beltrán, J.R.Noguera Pons, J.A. González Fernández. **Edema óseo y osteonecrosis.** Sección de Reumatología. Hospital General Universitario de Elche, Capítulo 43
3. Georg Schett. **Bone marrow edema.** *Ann N Y Acad Sci* 2009 Feb;1154:35-40.
4. Seyed Alireza Mirghasemi, Elly Trepman, Mohammad Saleh Sadeghi. **Bone Marrow Edema Syndrome in the Foot and Ankle.** *Int* 2016 Dec;37(12):1364-1373
5. F.M. Vanhoenacker, A. Snoeckx. **Bone marrow edema in sports: General concepts.** *Eur J Radiol* 2007 Apr;62(1):6-15
6. Anastasios V. Korompilias, Apostolos H. Karantanas, Marios G. Lykissas. **Bone marrow edema syndrome.** *Skeletal Radiol* 38, 425–436 (2009)
7. Napatpaphan Kanjanapanang; Ke-Vin Chang. **Peripheral Magnetic Stimulation.** *Stat Pearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. 2021 Nov 4
8. Young-Ho Lim, MD, Ji Min Song, MD, Eun-Hi Choi, MD. **Effects of Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation on Patients With Acute Low Back Pain: A Pilot Study.** *Annals of Rehabilitation Medicine* 2018;42(2):229-238.
9. Abdelhalim NM, Samhan AF, Abdelbasset WK. **Short-Term impacts of pulsed electromagnetic field therapy in middle-aged university's employees with non-specific low back pain: A pilot study.** *Pak J Med Sci.* 2019;35(4):987-991
10. Jimbu Diana, Oprea Doinița, Sarikaya Emre. **SIS therapy in the treatment of distal radius epiphyseal fracture (Case report).** *Balneo and PRM Research Journal* Vol.12, No.4 December 2021, p: 333–336
11. Dragana Zarkovic, M.Sc., PT, Krasimira Kazalakova. **Repetitive peripheral magnetic stimulation as pain management solution in musculoskeletal and neurological disorders - A pilot study.** *Int J Physiother.* Vol 3(6), 721-725, December (2016)

12. Denisa Laura Gall, Ana Maria Vutan, Andreea Niță. **Rehabilitation methods in non-displaced fractures of the proximal humerus.** Volume 12 (2019): Issue 22 (September 2019)
13. Efthimios J. Kouloulas. **Peripheral Application of Repetitive Pulse Magnetic Stimulation on Joint Contracture for Mobility Restoration: Controlled Randomized Study.** International Journal of Physiotherapy, 2016, Vol. 3(5), p. 519- 524
14. M. Markov (2015) **XXIst century magnetotherapy.** Electromagnetic Biology and Medicine, 34:3, 190-19
15. Rodriguez de la Serna A, Magallares López B. **Tratamiento del edema óseo.** Dolor. Investigación Clínica & Terapéutica 2017;32(3):104-110
16. Milica Lazović, Mirjana Kocić, Lidija Dimitrijević. **Pulsed Electromagnetic Field during Cast Immobilization in Postmenopausal Women with Colles' Fracture.** Srp Arh Celok Lek Sep-Oct 2012;140(9-10):619-24.
17. H Mohajerani , F Tabeie , F Vossoughi. **Effect of pulsed electromagnetic field on mandibular fracture healing: A randomized control trial, (RCT).** J Stomatol Oral Maxillofac Surg 2019 Nov;120(5):390-396.
18. Alfredo Martinez-Rondanelli, Juan Pablo Martinez , María E Moncada. **Electromagnetic stimulation as coadjuvant in the healing of diaphyseal femoral fractures: a randomized controlled trial.** Colomb Med (Cali) 2014 Jun 30;45(2):67-71.
19. Hong-fei Shi, Jin Xiong, Yi-xin Chen, Jun-fei Wang. **Early application of pulsed electromagnetic field in the treatment of postoperative delayed union of long-bone fractures: a prospective randomized controlled study.** BMC Musculoskelet Disord 2013 Jan 19;14:35.
20. P. F. W. Hannemann, K. W. A. Göttgens, B. J. van Wely. **The clinical and radiological outcome of pulsed electromagnetic field treatment for acute scaphoid fractures: a randomized double-blind placebo-controlled multicentre trial.** J Bone Joint Surg Br 2012 Oct;94(10):1403-8.
21. Lucyna Krzyzanska, Anna Straburzyńska -Lupa, Patrycja Rąglewska. **Beneficial Effects of**

Pulsed Electromagnetic Field during Cast Immobilization in Patients with Distal Radius Fracture. BioMed Research International Volume 2020, Article ID 6849352, 8 page

22. Adam Streit, B. Collier Watson, Jaymes D. Granata. **Effect on Clinical Outcome and Growth Factor Synthesis With Adjunctive Use of Pulsed Electromagnetic Fields for Fifth Metatarsal Nonunion Fracture: A Double-Blind Randomized Study.** Foot & Ankle International , 2016, Vol. 37(9) 919–923
23. Refai H, Radwan D, Hassanien N. **Radiodensitometric assessment of the effect of pulsed electromagnetic field stimulation versus low intensity laser irradiation on Mandibular fracture repair: a preliminary clinical trial.** Int J Oral Maxillofac Surg 2014;13(4):451–7
24. Cheing GL, Wan JW, Kai Lo S. **Ice and pulsed electromagnetic field to reduce pain and swelling after distal radius fractures.** J Rehabil Med. 2005; 37(6):372-7
25. Žarković D.1, Prouza O.1, Dvořáčková T. **Fracture Management with High-intensity Electromagnetic Stimulation: A Case Study.** Department of Anatomy and Biomechanics, Charles University

