

Efectividades de la terapia convencional y campo electromagnético de 60 Hz en la sinovitis de rodilla postraumática en deportistas competitivos

Effectiveness of conventional therapy and 60 Hz electromagnetic field in post-traumatic knee synovitis in competitive athletes

Esmirna Cascaret Fonseca¹ <https://orcid.org/0000-0002-4950-8978>

Andrés Ferrer Acosta¹ <https://orcid.org/0000-0001-8763-4097>

Eduardo Pérez Téllez² <https://orcid.org/0000-0002-1041-8625>

Leonardo Mesa Torres³ <https://orcid.org/0000-0001-6370-1144>

Ángel Orestes Pérez Jane⁴ <https://orcid.org/0000-0001-9892-8808>

Idalia González Ferro⁵ <https://orcid.org/0000-0002-6775-7628>

Argenis Rodríguez Cascaret⁶ <https://orcid.org/0000-0002-2966-5802>

Amed Gata Molina³ <https://orcid.org/0000-0002-1932-9338>

Ernesto Lázaro Sánchez Cascaret³ <https://orcid.org/0000-0001-9552-8665>

Luis Enrique Bergues Cabrales^{3*} <https://orcid.org/0000-0001-8094-392X>

¹Centro Provincial de Medicina Deportiva. Santiago de Cuba, Cuba.

²Centro de Entrenamiento Olímpico, Comité Olímpico Chileno. Santiago de Chile. Chile.

³Universidad de Oriente, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Santiago de Cuba, Cuba.

⁴Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital General “Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso”. Santiago de Cuba, Cuba.

⁵Servicio de Imagenología, Hospital General “Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso”. Santiago de Cuba, Cuba.

⁶Servicio de Imagenología, Hospital Oncológico “Conrado Benítez”. Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para la correspondencia: berguesc@yahoo.com

RESUMEN

Introducción: La sinovitis de rodilla postraumática es frecuente en hombres y mujeres que practican deportes.

Objetivo: Evaluar las efectividades de la terapia convencional y el campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja de 60 Hz en pacientes con sinovitis de rodilla postraumática en la primera fase de la rehabilitación.

Métodos: Se realizó un estudio piloto longitudinal y controlado. Se trataron 82 pacientes (52 masculinos y 30 féminas) con sinovitis de rodilla postraumática y edades entre 15 y 35 años de edad. Ellos se agruparon al azar en dos grupos experimentales, uno que incluyó 39 pacientes tratados con la terapia convencional (crioterapia + ibuprofeno + dipirona) y otro formado por 43 pacientes que recibieron el campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja de inducción magnética 11 mT, frecuencia 60 Hz y tiempo de exposición 20 min. Se usaron la escala visual analógica, el examen físico y la ecografía para evaluar las efectividades de estos dos tipos de terapia.

Resultados: Se disminuyeron los grados de dolor, examen físico y ecografía en todos los pacientes al final del estudio para cada tipo de terapia. Los promedios del índice de efectividad analgésica fueron 61,31 y 97,17 % para la terapia convencional y el campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja de 60 Hz, respectivamente.

Conclusiones: El campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja de 60 Hz tiene una mayor efectividad analgésica y antiinflamatoria, y acelera el tiempo de rehabilitación en pacientes con sinovitis de rodilla postraumática respecto a las del tratamiento convencional, teniendo en cuenta la evaluación integrada y el rango de la escala visual analógica, índice de efectividad analgésica y respuesta individual del paciente a la terapia seleccionada.

Palabras clave: sinovitis de rodilla postraumática; criterapia; campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja de 60 Hz; escala visual analógica; ecografía.

ABSTRACT

Introduction: Post-traumatic knee synovitis is frequent in men and women who practice sports.

Objective: To evaluate the effectiveness of conventional therapy and the 60 Hz extremely low frequency electromagnetic field in patients with post-traumatic knee synovitis in the first phase of rehabilitation.

Methods: A longitudinal and controlled pilot study was carried out. 82 patients (52 male and 30 female) with post-traumatic knee synovitis and ages between 15 and 35 years old were treated. They were randomly grouped into two experimental groups, one that included 39 patients treated with conventional therapy (cryotherapy + ibuprofen + dipyron) and another consisting of 43 patients who received the extremely low frequency electromagnetic field of magnetic induction 11 mT, frequency 60 Hz and exposure time 20 min. Visual analogue scale, physical examination, and ultrasonography were used to assess the effectiveness of these two types of therapy.

Results: The degrees of pain, physical examination and ultrasound were decreased in all patients at the end of the study for each type of therapy. The analgesic effectiveness index averages were 61.31 and 97.17% for conventional therapy and the 60 Hz extremely low frequency electromagnetic field, respectively.

Conclusions: The extremely low frequency electromagnetic field of 60 Hz has a greater analgesic and anti-inflammatory effectiveness, and accelerates the rehabilitation time in patients with post-traumatic knee synovitis compared to conventional treatment, taking into account the integrated evaluation and the range of the visual analogue scale, index of analgesic effectiveness and individual response of the patient to the selected therapy.

Keywords: post-traumatic knee synovitis; cryotherapy; 60 Hz extremely low frequency electromagnetic field; visual analog scale; ultrasound.

Recibido: 29/06/2020

Aceptado: 16/04/2022

Introducción

La sinovitis de rodilla se define como un trastorno inflamatorio de la membrana sinovial de su articulación y se acompaña generalmente de aumento del líquido sinovial.⁽¹⁾ Esta puede ser de origen traumático y no traumático.⁽²⁾ La sinovitis de rodilla postraumática se observa con frecuencia en personas que realizan algún tipo de actividad física de impacto (por ejemplo, los soldados), ejercicios físicos no sistemáticos (por ejemplo, personas que asisten a gimnasios ambulatorios) y fundamentalmente aquellas que practican deporte de alta competición, como los deportistas.

La práctica del deporte puede producir lesiones de partes blandas, a corto o largo plazo, en el deportista debido a las cargas de entrenamiento a la que están sometidos, a pesar de ser planificadas. Los miembros inferiores, específicamente la rodilla, son los que más se afectan en determinados tipos de deportes (por ejemplo, salto, carrera) y movimientos deportivos (por ejemplo, rotaciones).⁽³⁾

Una vez ocurrida la sinovitis de rodilla postraumática, el deportista requiere de una atención especializada debido al dolor y a la inflamación asociada.^(1,4) Esta enfermedad, sus signos y síntomas pueden ser tratados con antiinflamatorios, analgésicos, crioterapia, artrocentesis de la rodilla, células madres y terapias físicas.^(5,6) Entre estas últimas, se pueden mencionar la magnetoterapia,⁽⁷⁾ la cual consiste en la aplicación sistémica o local de un campo electromagnético (EMF, por sus siglas en inglés) al paciente.

El EMF puede ser estático ($f = 0$ Hz), de frecuencia baja ($f \leq 300$ Hz), frecuencia media ($300 < f \leq 3\,000$ Hz) y frecuencia alta ($f > 3\,000$ Hz), en que f es la frecuencia del EMF. Cuando $f \leq 100$ Hz, el EMF se denomina campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja (ELF, por sus siglas en inglés), el cual es seguro,

induce efectos adversos mínimos al organismo y efectivo. Además, el ELF-EMF tiene propiedades antiinflamatoria, analgésica, vasodilatadora, sedante, entre otras. Por ende, su uso en diferentes especialidades médicas, como la ortopedia, la reumatología, la dermatología, la angiología, medicina deportiva, entre otras.^(8,9,10)

Los analgésicos, los antiinflamatorios y la crioterapia forman parte del protocolo convencional de tratamiento para favorecer la recuperación de las lesiones en los deportistas. A pesar de sus efectos benéficos, no acortan el tiempo de recuperación de la lesión, lo que impide la rápida incorporación a su programa de entrenamiento.⁽⁵⁾ Diferentes estudios demuestran el efecto antiinflamatorio del ELF-EMF que ha sido explicado por la inhibición de las enzimas pro-inflamatorias (por ejemplo, las interleucinas IL-2 y IL-6) y la estimulación de las anti-inflamatorias (por ejemplo, la interleucina IL-10).^(11,12)

La inflamación debida al microtrauma/trauma inducido por el entrenamiento deportivo conduce al dolor del deportista, motivo por el cual se limitan las etapas de su programa de entrenamiento. El grado de dolor del paciente con y sin la acción de la terapia analgésica (por ejemplo, el medicamento, la crioterapia, el campo magnético estático/variable, entre otras) se ha cuantificado por medio de la escala visual análoga, denominada (EVA). Los valores absolutos de la EVA son 0 (no dolor); 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 y 10 (dolor insoportable).⁽⁷⁾

No obstante, a pesar de lo arriba mencionado, hasta el momento del estudio no estamos conscientes de reportes científicos que evidencien las efectividades de la terapia convencional y el ELF-EMF de 60 Hz en el deportista con sinovitis de rodilla postraumática, por medio de la evaluación integral que contemple a la EVA, el diagnóstico e índices predictores de la efectividad de la terapia. Además, no se reportan los tiempos de recuperación de la lesión y las efectividades analgésicas de estas terapias por fases de la rehabilitación. Estas problemáticas y otras conducen a la necesidad de evaluar las efectividades de las terapias farmacológicas y físicas en pacientes con sinovitis de rodilla postraumática, teniendo en cuenta las variables subjetivas y objetivas, y la fase del tratamiento. Por esto, el objetivo de esta investigación fue evaluar las efectividades de la

terapia convencional y el campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja de 60 Hz en pacientes con sinovitis de rodilla postraumática en la primera fase de la rehabilitación.

Métodos

Se realizó un estudio piloto longitudinal y controlado en el Centro Provincial de Medicina Deportiva de Santiago de Cuba, en el período de enero-octubre de 2019. Una vez lesionado el deportista en el terreno deportivo o en la competencia, fue evaluado por el traumatólogo deportivo, quien lo remitió a la consulta de traumatología del Servicio de Ortopedia del Hospital “Juan Bruno Zayas” para confirmar el diagnóstico de sinovitis postraumática de rodilla. Luego, este deportista fue atendido en el servicio de rehabilitación del Centro Provincial de Medicina Deportiva.

Se hizo el análisis integral del paciente teniendo en cuenta los valores absolutos y los rangos de la EVA, el diagnóstico (examen físico y ecografía), el índice de efectividad analgésica en cada paciente tratado (I_{EVA}) y las respuestas individual y promedio por grupo experimental.

Bioética

El Centro Provincial de Medicina Deportiva autorizó la realización del estudio piloto, el cual fue aprobado por el Comité de Ética y el Consejo Científico de la institución. Se rigió por las normas éticas de la Declaración de Helsinki,⁽¹³⁾ el código de ética y las buenas prácticas médicas establecidas por el Ministerio de Salud de la República de Cuba.

Se incluyó en este estudio al paciente con sinovitis de rodilla postraumática una vez que él y su acompañante (por ejemplo, el familiar o entrenador) procedieron a la lectura, estuvieron de acuerdo y firmaron el consentimiento informado. Previo a la firma del consentimiento informado, ellos recibieron una explicación detallada de los objetivos, la importancia y los fines de la investigación.

Se enmarcó este estudio en la primera fase de la rehabilitación, teniendo en cuenta esta tuvo la lesión deportiva en tres fases: la reducción (fase aguda), la reparación (fase sub-aguda) y la reintegración (fase de transición).⁽¹⁴⁾ El objetivo de la primera fase fue controlar la inflamación y el dolor. El fin de la segunda fase fue restablecer los arcos de la movilidad articular, la extensibilidad de partes blandas, la fuerza y la resistencia muscular, incluida la descarga. La tercera fase se dirigió a la biomecánica, modelos de movimientos específicos de cada actividad, programas para mantener la fuerza, la flexibilidad, la forma física y las habilidades.

Características de la muestra

Se propusieron como criterios de inclusión: la voluntariedad del paciente, el diagnóstico de sinovitis postraumática de rodilla y pacientes de ambos géneros que recibieron atención en el Centro Provincial de Medicina Deportiva. Además, se reportaron como criterios de exclusión: pacientes con tumores diagnosticados en cualquier localización, trastornos psiquiátricos, enfermedades crónicas descompensadas y que tuvieron trastornos hematológicos. Se identificaron como criterios de abandono el fallecimiento, el abandono voluntario y la aparición de efectos adversos graves y graves debido a la aplicación de la terapia.

Se trataron 82 pacientes con sinovitis de rodilla postraumática con edades entre 15 y 35 años, 52 masculinos ($52/82 = 63,4\%$) y 30 féminas ($30/82 = 36,6\%$). Ellos se agruparon al azar en dos grupos experimentales. Se conformó el primer grupo por 39 pacientes ($39/82 = 47,6\%$) que recibieron la terapia convencional (crioterapia + ibuprofeno + dipirona), denominado G1. Este grupo estuvo inicialmente conformado por 43 pacientes; de ellos, cuatro abandonaron voluntariamente la terapia (uno de los criterios de abandono). Ellos solo asistieron a la primera consulta y por tanto no se incluyeron en el estudio. Se aplicó la crioterapia (bolsa de hielo) tres veces al día durante 15 min. Se administraron por vía oral el ibuprofeno 400 mg (INTERMED, India) y la dipirona 500 mg (Nanjing Baijinyu Pharmaceutical Co., Ltd., Nanjing, China) cada 8 h. Se aplicó este tratamiento convencional por 10 días.

El grupo G1 estuvo conformado por 23 pacientes en edades 15-25 años ($23/39 = 59,0\%$) y 16 pacientes del grupo de edades 26-35 años ($16/39 = 41,0\%$). A su vez, se dividieron estos 23 pacientes en nueve féminas ($9/23 = 39,1\%$) y 14 masculinos ($14/23 = 60,9\%$) mientras los 16 pacientes en siete féminas ($7/16 = 43,8\%$) y nueve masculinos ($9/16 = 56,2\%$).

El G2 se conformó por 43 pacientes ($43/82 = 52,4\%$) que recibieron la terapia con el ELF-EMF de inducción magnética 11 mT, tipo de onda sinusoidal, frecuencia 60 Hz y tiempo de exposición de 20 min, denominado G2. Se aplicó 20 sesiones de este agente físico, de lunes a viernes con interrupción el fin de semana. Se dividieron estos 43 pacientes del G2 en dos grupos de edades: 15-25 años ($37/43 = 86,0\%$) y 26-35 años ($6/43 = 14,0\%$). A su vez, se agruparon estos 37 pacientes en 14 féminas ($14/37 = 37,8\%$) y 23 masculinos ($23/37 = 62,2\%$) mientras los seis pacientes del grupo de edades 26-35 años fueron todos masculinos ($6/6 = 100,0\%$). Para la aplicación del ELF-EMF, se acostó el paciente en decubito supino y fijó el aplicador magnético en la zona afectada.

Estimulador magnético

El equipo con las normas UNE-EN 60601-1⁽¹⁵⁾ y las del Centro Control Estatal de Equipos Médicos de la República de Cuba.⁽¹⁶⁾ Se utilizó el estimulador magnético NaK[®]-02 para generar el ELF-EMF de 60 Hz construido en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado de la Universidad de Oriente (Certificado de Registro de Equipos Médicos Expediente No. I0350015041150, Código No. 73BWK).

Variables

Se tuvieron en cuenta los antecedentes traumáticos, los rangos de la EVA, el examen físico y la ecografía de la rodilla, la concentración de ácido úrico en sangre, la I_{EVA} y la respuesta del paciente a la terapia seleccionada. Se utilizaron los rangos de la EVA, dados por: 0 (ausencia de dolor), 1-3 (dolor leve), 4-6 (dolor moderado), 7-9 (dolor intenso) y 10 (dolor insoportable).

El examen físico consistió en la inspección y palpación de la rodilla. La inspección se realizó mediante la observación de las características de la piel (hematomas y

lesiones en piel), presencia de deformidades y aumento de volumen de la rodilla. Se tuvo en cuenta en la palpación de la rodilla su temperatura y la búsqueda de puntos dolorosos en las estructuras óseas y de partes blandas. Se palpó la rótula, la tuberosidad tibial anterior, la meseta tibial, la cabeza del peroné y la interlinea articular en las estructuras óseas para descartar posibles fracturas.

Además, se valoró el estado muscular para descartar otras alteraciones, como las atrofas e hipotrofas musculares. Se evaluó el trofismo muscular por observación y por mensuración de la circunferencia de los cuádriceps. Para esto, se midió la masa muscular con una cinta métrica de tela de fibra de vidrio de 1,5 cm de largo, ± 1 mm de precisión (modelo FT-044, Guangdong, China). Se colocó la cinta a 10 cm por encima del polo superior de la rótula en los cuádriceps femorales de ambos miembros inferiores. Se realizaron estas mediciones como parte del examen físico y se compararon entre sí en cada paciente. No hubo alteraciones del trofismo muscular cuando la diferencia entre las mensuraciones de los cuádriceps femorales fue menor de 1 cm, según el protocolo establecido en el Centro Provincial de Medicina Deportiva.

También, se exploraron las movibilidades (pasiva y activa) y la contra resistencia para valorar la integridad del aparato extensor de rodilla y la presencia de posibles bloqueos de rodilla (en extensión y flexión). El bloqueo de rodilla en extensión orientó hacia una afección del menisco, en el que de su posición actuó como una cuña que impidió la flexión de la rodilla. El bloqueo de rodilla en flexión sugirió la presencia de derrame articular. Por otra parte, se exploró la movilidad de la rótula para determinar posibles aumentos del desplazamiento lateral o medial.

En el examen físico se aplicaron también diferentes tipos de maniobras, como choque/peloteo, cepillo, Bholer, cajón anterior y cajón posterior. La maniobra choque/peloteo permitió evaluar la presencia de derrame articular. La de cepillo fue usada para valorar los posibles daños a nivel del cartílago de la rótula, como un indicador del dolor femoropatelar. La maniobra de Bholer permitió apreciar posibles lesiones de meniscos o de ligamentos laterales internos y/o externos. Las de cajón anterior y cajón posterior permitieron conocer si existió lesiones de los

ligamentos cruzados.⁽¹⁷⁾ Para cada tipo de maniobra, fue clasificada en positiva (presencia de alteraciones) y negativa (ausencia de alteraciones).

El grado de inflamación se clasificó en grado 0 (no elevación rotuliana), Grado I (ligera elevación rotuliana), Grado II (la rótula se comprime contra el surco troquear) y Grado III (imposibilidad de comprimir la rótula contra el surco). Además, se hizo la ecografía de rodilla para evaluar el aumento del líquido sinovial. Este aumento se clasificó en Grado 0 (no derrame), Grado I (derrame ligero), Grado II (derrame moderado) y Grado III (derrame grave).

Se cuantificó el ácido úrico para descartar la presencia de una sinovitis gotosa o hiperuricemia. Se cuantificó el autoanalizador HITACHI 902 (Rouche, Japón), de acuerdo con el procedimiento normalizado de trabajo # 004 (Departamento de Hematología del Hospital General “Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso”). Se suministró el estuche comercial (o kits) por HELFA® (EPB “Carlos J. Finlay”, Habana, Cuba). Se usó el sistema automatizado del calibrador (Preci Control Clin Chem Multi 1, Roche/Hitachi analyzer 902) para la calibración de este equipo.

Se propuso el I_{EVA} para evaluar la efectividad analgésica de cada paciente en los grupos G1 y G2. Se calculó este índice por medio de la expresión:

$$I_{EVA} = \frac{EVA_i - EVA_f}{EVA_i} 100\% \quad (1)$$

en el que EVA_i y EVA_f fueron los valores absolutos de la escala EVA al inicio y al final de la terapia para cada paciente, respectivamente.

Se propuso en este estudio piloto combinar los resultados del I_{EVA} , examen físico y la ecografía para evaluar la respuesta de cada paciente a la terapia y por grupo experimental. Se clasificó esta respuesta en progresión de la enfermedad ($I_{EVA} < 0$ % y grado III en el examen físico y ecografía), no cambio ($0 \leq I_{EVA} < 33$ % y Grados II y III en el examen físico y ecografía), respuesta parcial ($33 \leq I_{EVA} < 100$ % y Grados I y II en el examen físico y ecografía) y cura completa ($I_{EVA} = 100$ % y Grado 0 en el examen físico y ecografía). Además, se calculó la efectividad total de cada terapia por medio de la suma de las respuestas parcial y cura completa. Si el paciente no

cumplió simultáneamente estas tres condiciones, se ubicó en la respuesta anterior, si se tuvo en cuenta que se ordenó de la peor a la mejor.

Se reportaron los rangos de la EVA en diferentes instantes de tiempo, denominado T_{obs} ($T_{obs} = 0; 5; 10; 15$ y 20 días) para cada tipo de terapia (convencional o ELF-EMF de 60 Hz). Significaron $t = 0$ días y $t = 20$ días el inicio y el fin de la aplicación de cada tipo de terapia. Se reportaron los Grados del examen físico y de la ecografía en $T_{obs} = 0$ y 20 días para estos dos tipos de terapia.

Criterios estadísticos

Se calcularon los porcentajes de las variables cuantitativas y no cuantitativas. Además, se computó el valor promedio \pm desviación estándar (error estándar de la media) del $LEVA$ y de la respuesta del paciente a la terapia a partir de sus respectivos valores individuales, para cada género, grupo de edades y tipo de terapia. Se consideró el error estándar de la media por la heterogeneidad observada en los pacientes en cada grupo experimental. Esta se calculó a partir de la razón desviación estándar / \sqrt{N} , en el cual N es el número total de pacientes en $G1$ y $G2$.

Procesamiento de la información

Los resultados fueron presentados en tablas por género y grupo de edades. Los datos serán conservados por 15 años en el Centro Provincial de Medicina Deportiva.

Resultados

Se demostró que el origen de la sinovitis de rodilla fue traumático y no gotoso porque la concentración de ácido úrico en sangre estuvo en su rango normal en cada paciente y se confirmó el diagnóstico por los antecedentes traumáticos, el examen físico y la ecografía.

La inspección arrojó aumento de volumen de la rodilla en todos los pacientes. Además, no hubo hematomas ni lesiones en piel. Se constató a la palpación

aumento de la temperatura y del volumen de la rodilla. No se reportó dolor a nivel de las estructuras óseas examinadas en todos los pacientes. Además, conservaron las movi­lidades pasivas y activas. No existió aumento en el desplazamiento lateral o medial de la rótula. Se comprobó bloqueos articulares en flexión en los pacientes.

Las maniobras de choque/peloteo fueron positivas en todos los pacientes. Resultaron positivas las maniobras de cepillo y Bholer en algunos pacientes. Sin embargo, resultaron negativas las maniobras de cajón anterior y cajón posterior en todos los pacientes. No se observó atrofia muscular en ninguno de ellos.

Ningún paciente refirió debilidad muscular ni cansancio de los miembros inferiores. La diferencia máxima de todas las mensuraciones realizadas entre ambos cuádriceps femorales de cada paciente fue menor de 1 cm.

Se mostró la distribución de los pacientes con sinovitis de rodilla postraumática según grupos de edades, géneros y los rangos de la EVA en G1 a los 0; 5; 10; 15 y 20 días para la terapia convencional (tabla 1) y el ELF-EMF de 60 Hz (tabla 2). Al inicio de la aplicación de la terapia convencional o el ELF-EMF de 60 Hz, se reveló que la sinovitis de rodilla postraumática predominó en el género masculino y el grupo de edades de 15-25 años para G1 y G2. Se distribuyeron todos los pacientes en los valores absolutos 5; 6; 7; 8; 9 y 10 de la EVA para el G1 y 6; 7; 8; 9 y 10 para el G2, excepto las 12 féminas de 15-25 años del G2 que se concentraron en el valor absoluto 8 de la EVA ($12/14 = 85,7\%$).

En $t = 0$ días, el análisis por rangos de la EVA mostró que la intensidad del dolor de todos los pacientes tratados con la terapia convencional fue de moderado ($9/82 = 11,0\%$) a insoportable ($16/82 = 19,5\%$), siendo notable el dolor intenso ($57/82 = 69,5\%$). En el G1, el $15,4\%$ ($6/39$); $59,0\%$ ($23/39$) y $25,6\%$ ($10/39$) refirieron dolor moderado, intenso e insoportable, respectivamente. Se reveló del análisis por rangos de la EVA en $t = 0$ días que todos los pacientes se distribuyeron en los rangos EVA 10; 7-9 y 4-6, siendo notable para el rango de la EVA 7-9, excepto en las féminas del grupo de edades 26-35 años, quienes predominaron en el rango 10. Además, esta tabla reveló que los rangos de la EVA se desplazaron hacia menores

valores después de aplicada la terapia convencional, con predominio del rango de la EVA 4-6.

Tabla 1 - Evaluación del dolor de los pacientes con sinovitis de rodilla postraumática tratados con la terapia convencional a los 0; 5; 10; 15 y 20 días, según rango de la EVA, grupo de edades y género

| Grupo experimental (Nr) | T _{obs} (días) | GE (N _{ge}) | G (N _g) | Rangos de la EVA | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|
| | | | | 10 | 9-7 | 6-4 | 3-1 | 0 |
| G1 (39) | 0 | 15-25 (23) | F (9) | 2 (22,2) | 5 (55,6) | 2 (22,2) | | |
| | | | M (14) | 2 (14,3) | 11 (78,5) | 1 (7,2) | | |
| | | 26-35 (16) | F (7) | 4 (57,1) | 2 (28,6) | 1 (14,3) | | |
| | | | M (9) | 2 (22,2) | 5(55,6) | 2 (22,2) | | |
| | 5 | 15-25 (23) | F (9) | | 4 (44,4) | 3 (33,4) | 2 (22,2) | |
| | | | M (14) | | 6 (42,9) | 7 (50,0) | 1 (7,14) | |
| | | 26-35 (16) | F (7) | | 5 (71,4) | 1 (14,3) | 1 (14,3) | |
| | | | M (9) | | 4 (44,4) | 3 (33,4) | 2 (22,2) | |
| | 10 | 15-25 (23) | F (9) | | - | 4 (44,4) | 3 (33,4) | 2 (22,2) |
| | | | M (14) | | 1 (7,1) | 9 (64,3) | 4 (28,6) | - |
| | | 26-35 (16) | F (7) | | | 5 (71,4) | 1 (14,3) | 1 (14,3) |
| | | | M (9) | | | 5 (55,6) | 2 (22,2) | 2 (22,2) |
| | 15 | 15-25 (23) | F (9) | | | 4 (44,4) | 3 (33,4) | 2 (22,2) |
| | | | M (14) | | 1 (7,1) | 9 (64,3) | 4 (28,6) | - |
| | | 26-35 (16) | F (7) | | | 5 (71,4) | 1 (14,3) | 1 (14,3) |
| | | | M (9) | | | 5 (55,6) | 2 (22,2) | 2 (22,2) |
| | 20 | 15-25 (23) | F (9) | | | 4 (44,4) | 3 (33,4) | 2 (22,2) |
| | | | M (14) | | | 9 (64,3) | 4 (28,6) | 1 (7,1) |
| | | 26-35 (16) | F (7) | | | 5 (71,4) | 1 (14,3) | 1 (14,3) |
| | | | M (9) | | | 5 (55,6) | 2 (22,2) | 2 (22,2) |

EVA: escala visual analógica, GE: grupo de edades, G: género, Nr: número total de pacientes por grupo experimental, N_{ge}: número de pacientes por grupo de edades, N_g: número de pacientes por género y T_{obs}: tiempo de observación durante la aplicación del tratamiento convencional.

En t = 0 días, el 7,0 % (3/43); 79,1 % (34/43) y 13,9 % (6/43) de los pacientes del G2 refirieron dolor moderado, intenso e insoportable, respectivamente. Además, la tabla evidenció que los rangos de la EVA se desplazaron hacia sus menores valores después de aplicada el ELF-EMF de 60 Hz, con predominio del rango de la EVA 0.

Tabla 2- Evaluación del dolor de los pacientes con sinovitis de rodilla postraumática tratados con ELF-EMF de 60 Hz a los 0; 5; 10; 15 y 20 días, según rangos de la EVA, grupo de edades y género

| Grupo experimental (N _T) | T _{obs} (días) | GE (N _{ge}) | G (N _g) | Rangos de la EVA | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|---|---------|
| | | | | 10 | 9-7 | 6-4 | 3-1 | 0 | |
| G2 (43) | 0 | 15-25 (37) | F (14) | 1 (7,1) | 13 (92,9) | - | | | |
| | | | M (23) | 4 (17,4) | 16 (69,6) | 3 (13,0) | | | |
| | | 26-35 (6) | F (0) | - | - | - | | | |
| | | | M (6) | 1 (16,7) | 5 (83,3) | - | | | |
| | 5 | 15-25 (37) | F (14) | | 4 (28,6) | 10 (71,4) | | | |
| | | | M (23) | | 7 (30,5) | 15 (65,2) | | | 1 (4,3) |
| | | 26-35 (6) | F (0) | | - | - | | | |
| | | | M (6) | | 1 (16,7) | 5 (83,3) | | | |
| | 10 | 15-25 (37) | F (14) | | - | 8 (57,1) | 6 (42,9) | | |
| | | | M (23) | | 1 (4,4) | 11 (47,8) | 11 (47,8) | | |
| | | 26-35 (6) | F (0) | | - | - | | | |
| | | | M (6) | | 1 (16,7) | 5 (83,3) | | | |
| | 15 | 15-25 (37) | F (14) | | 1 (7,1) | 9 (64,3) | 4 (28,6) | | |
| | | | M (23) | | 2 (8,7) | 16 (69,6) | 5 (21,7) | | |
| | | 26-35 (6) | F (0) | | - | - | | | |
| | | | M (6) | | 1 (16,7) | 4 (66,6) | 1 (16,7) | | |
| | 20 | 15-25 (37) | F (14) | | - | - | 14 (100) | | |
| | | | M (23) | | - | 3 (13,0) | 20 (87,0) | | |
| | | 26-35 (6) | F (0) | | - | - | | | |
| | | | M (6) | | - | 1 (16,7) | 5 (33,3) | | |

EVA: escala visual analógica, GE: grupo de edades, G: género, N_T: número total de pacientes por grupo experimental, N_{ge}: número de pacientes por grupo de edades, N_g: número de pacientes por género y T_{obs}: tiempo de observación durante la aplicación del tratamiento con ELF-EMF de 60 Hz.

Se calcularon los valores del I_{EVA} para cada paciente en t = 20 días. Se computaron las medias \pm desviaciones estándar (errores estándar de la media) a partir de estos valores individuales, por cada grupo experimental, grupo de edad y género (tabla 3). Las medias \pm desviaciones estándar (errores estándar de la media) de I_{EVA} correspondientes a los grupos de edades 15-25 y 26-35 años del G1 fueron 65,72 \pm 21,20 % (4,42 %) y 58,43 \pm 34,96 % (6,53 %), respectivamente. Sin embargo, las medias \pm desviaciones estándar (errores estándar de la media) del I_{EVA} correspondientes a los grupos de edades 15-25 y 26-35 años del G2 fueron 97,52 \pm 8,52 % (1,40 %) y 95,00 \pm 12,24 % (5,00 %), respectivamente.

Para el G1, las medias \pm desviaciones estándar (errores estándar de la media) del I_{EVA} fueron 59,99 \pm 22,59 % (5,65 %) para las féminas y 57,78 \pm 23,23 % (4,85 %) para los masculinos. Sin embargo, para el G2, las medias \pm desviaciones estándar (errores estándar de la media) del I_{EVA} fueron 100,00 \pm 0,00 % (0,00 %) para las féminas y 95,81 \pm 10,75% (1,99 %) para los masculinos.

Para los G1 y G2, las medias \pm desviaciones estándar (errores estándar de la media) del I_{EVA} fueron 61,31 \pm 23,19 % (3,71 %) y 97,17 \pm 8,99 % (1,37 %), respectivamente.

Tabla 3- Valores medios \pm desviaciones estándar (errores estándar de la media) del I_{EVA} y la respuesta del paciente a la terapia, por grupo experimental, grupo de edades y género

| G _{exp} (N _T) | GE (N _{ge}) | G (N _g) | I _{EVA} \pm DE _{I_{EVA}} (EE _{I_{EVA}}) (%) | Respuesta | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------|---|-----------|----------|-----------|------------|-------------------|
| | | | | PE (%) | NC (%) | RP (%) | RC (%) | Total RP + RC (%) |
| G1 (39) | 15-25 (23) | F (9) | 71,43 \pm 21,43 (7,14) | - | | 7 (77,8) | 2 (22,2) | 9 (100,0) |
| | | M (14) | 56,80 \pm 19,78 (5,29) | - | | 13 (92,9) | 1 (7,4) | 14 (100,0) |
| | 26-35 (16) | F (7) | 50,93 \pm 25,40 (9,60) | - | 1 (14,3) | 5 (71,4) | 1 (14,3) | 6 (85,7) |
| | | M (9) | 65,93 \pm 26,87 (8,96) | - | - | 7 (77,8) | 2 (22,2) | 9 (100,0) |
| G2 (43) | 15-25 (37) | F (14) | 100,00 \pm 0,00 (0,00) | - | - | - | 14 (100,0) | 14 (100,0) |
| | | M (23) | 96,02 \pm 10,61 (2,21) | - | - | 3 (13,0) | 20 (87,0) | 23 (100,0) |
| | 26-35 (6) | F (0) | - | - | - | - | - | - |
| | | M (6) | 95,00 \pm 12,24 (5,00) | - | - | 1 (16,7) | 5 (83,3) | 6 (100,0) |

I_{EVA}: índice de la Escala Visual Analógica, I_{EVA} \pm DE_{I_{EVA}}: EE_{I_{EVA}} y media \pm desviación estándar error estándar de la media del I_{EVA}, G_{exp}: tipo de grupo experimental, GE: grupo de edades, G: género, N_T: número total de pacientes por grupo experimental, N_{ge}: número de pacientes por grupos de edades y N_g: número de pacientes por género.

G1 fue el grupo experimental formado de pacientes tratados con la terapia convencional mientras G2 el de los pacientes tratados con el ELF-EMF de 60 Hz.

Se mostró en la tabla 4 la distribución de los pacientes con sinovitis de rodilla postraumática, según tipo de terapia, grupo de edades, género, examen físico y ecografía al inicio (t = 0 días) y al final (t = 20 días). Se evidenció del examen físico y ecografía que los pacientes del G1 se distribuyeron en los Grados I y II al inicio del tratamiento, siendo notable para el Grado II, como fue observado para las féminas (6/9 = 66,7 %) y masculinos (12/14 = 85,7 %) del grupo de edad 15-25 años. Además, se observó este hallazgo para los pacientes femeninos (6/7 = 85,7 %) y masculinos (7/9 = 77,8 %) del grupo de edad 26-35 años.

Se reveló que el 78,3 % (18/23) y 81,3 % (13/16) de los pacientes en G1 se distribuyeron esencialmente en el Grado II del examen físico y ecografía para los grupos de edades 15-25 y 26-35 años, respectivamente. Para este grupo experimental, el 63,3 % (31/49) de todos los pacientes se concentraron en el Grado II para estos dos elementos del diagnóstico (tabla 4).

Evolucionaron la mayoría de los pacientes a los Grados 0 y I a los 20 días después de aplicada la terapia convencional, siendo notable para el Grado I (fémimas de los grupos de edades 15-25 años (6/9 = 66,7 %) y 26-35 años (6/7 = 85,7 %) y los masculinos de los grupos de edades 15-25 años (100 % = 14/14) y 26-35 años (77,8 % = 7/9), como se mostró en la tabla 4. Además, se reveló del análisis por grupo de edades que los pacientes se agruparon fundamentalmente en el Grado I del examen físico y ecografía para los grupos de edades 15-25 años (87,0 % = 20/23) y 26-35 años (81,3 % = 13/16). Como un resultado, se concentraron la mayoría de los pacientes de G1 en este Grado I (67,3 % = 33/49).

Se reveló que el 100 % de todos los pacientes del G2 se distribuyeron en el Grado II del examen físico y ecografía para los dos grupos de edades y ambos géneros (tabla 4). Evolucionaron la mayoría de los pacientes a los Grados 0 y I a los 20 días después de aplicada la terapia con ELF-EMF de 60 Hz, siendo notable para el Grado 0, como se evidenció en las fémimas del grupo de edad 15-25 años (14/14 = 100,0 %) y los masculinos de los grupos de edades 15-25 años (87,0 % = 20/23) y 26-35 años (83,3 % = 5/6). Además, se reveló del análisis por grupo de edades que los pacientes se agruparon fundamentalmente en el Grado 0 del examen físico y ecografía para los grupos de edades 15-25 años (91,9 % = 34/37) y 26-35 años (83,3 % = 5/6). Como un resultado, se concentraron la mayoría de los pacientes de G2 en este Grado 0 (90,7 % = 39/43).

Tabla 4- Diagnóstico, por grupo experimentales, grupo de edades y género

| Grupos experimentales (N _T) | T _{obs} (días) | GE (N _{ge}) | G (N _g) | Diagnóstico | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------|---------------------|---------------|----|----|-----|-----------|----|----|-----|
| | | | | Examen físico | | | | Ecografía | | | |
| | | | | 0 | I | II | III | 0 | I | II | III |
| G1 (39) | 0 | 15-25 (23) | F (9) | - | 3 | 6 | - | - | 3 | 6 | - |
| | | | M (14) | 2 | 12 | - | - | 2 | 12 | - | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|------------|------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| G2 (43) | | 26-35 (16) | F (7) | | 1 | 6 | - | - | 1 | 6 | - |
| | | | M (9) | | 2 | 7 | - | - | 2 | 7 | - |
| | 20 | 15-25 (23) | F (9) | 3 | 6 | - | - | 3 | 6 | - | - |
| | | | M (14) | - | 14 | - | - | - | 14 | - | - |
| | | 26-35 (16) | F (7) | 1 | 6 | - | - | 1 | 6 | - | - |
| | | | M (9) | 2 | 7 | - | - | 2 | 7 | - | - |
| | | 0 | 15-25 (37) | F (14) | - | - | 14 | - | - | - | 14 |
| | | | M (23) | - | - | 23 | - | - | - | 23 | - |
| | | 26-35 (6) | F (0) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | M (6) | - | - | 6 | - | - | - | 6 | - |
| | | 20 | 15-25 (37) | F (14) | 14 | 0 | - | - | 14 | 0 | - |
| | | | M (23) | 20 | 3 | - | - | 20 | 3 | - | - |
| 26-35 (6) | | F (0) | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | M (6) | 5 | 1 | - | - | 5 | 1 | - | - | |

EVA: escala visual analógica, GE: grupo de edades, G: género, N_T: número total de pacientes por grupo experimental, N_{ge}: número de pacientes por grupos de edades y N_g: número de pacientes por género. T_{obs} fue el tiempo de observación al inicio (t = 0 días) y al final (t = 20 días) de la aplicación de los tratamientos con la terapia convencional (G1) y ELF-EMF de 60 Hz (G2). 0, I, II y III representaron los grados del examen físico y ecografía.

Discusión

Los resultados de este estudio confirman que la sinovitis de rodilla postraumática prevalece en los deportistas masculinos del grupo de edades 15-25 años, como se reporta en trabajos previos.⁽³⁾ Este hallazgo puede ser explicado porque ellos representan el mayor número de practicantes, la ejecución de la carga física es más intensa y sistematicidad en sus entrenamientos, aspectos que resultan en una mayor probabilidad de la aparición de esta lesión, en concordancia con otros estudios.⁽¹⁵⁾

Excepto los pacientes que se distribuyen en los valores absolutos 0 y 10 de la EVA, al resto le es difícil asignarle un valor absoluto de esta escala por su indecisión en la selección. Como resultado, al evaluador se le hace engorroso también decidirse por este valor por la información imprecisa que refiere el paciente. Esto se hace notable cuando los valores absolutos de la EVA son contiguos (por ejemplo, 7; 8 o 9\4; 5 o 6\1; 2 o 3). Puede ser explicado porque la selección de un determinado valor absoluto de la EVA depende de la severidad, umbral y tolerancia del dolor, así como de los factores socio-psicológicos de cada paciente.^(16,18)

El grado de subjetividad en la evaluación del dolor por parte del paciente y del evaluador puede ser reducido con el uso de los rangos de la EVA, como en este estudio, lo que confirma que son más confiables/menos subjetivos para evaluar la intensidad del dolor que los valores absolutos de la escala, como se reporta en estudios previos.⁽⁷⁾ Este es el por qué los rangos de la EVA se usan en el actual estudio y deben ser sugeridos para evaluar el grado de severidad del dolor en cualquier paciente tratado o no con una terapia analgésica (sola o combinada) prescrita por el especialista.

Las maniobras positivas de rodilla peloteo/rebote, cepillo y Bholer confirman el dolor que refieren todos los pacientes. Las maniobras positivas confirman que el dolor de los pacientes se debe a la lesión de los ligamentos colaterales y no de menisco (confirmada con la maniobra de Bholer), daños del cartílago de rotula (validada con la maniobra de cepillo), presencia de derrame articular (demostrada con la maniobra de peloteo/rebote) y la presencia de bloqueos en flexión (confirmada con la movilidad), los cuales presumen la presencia de derrame articular. Además, las maniobras negativas de cajón anterior y cajón posterior explican que no hay lesión de ligamentos cruzados.

Los resultados de este estudio confirman que la respuesta al dolor depende del género y del grupo de edad. La relación respuesta al dolor-género ha sido abordado en la literatura.^(18,19) También, la relación respuesta al dolor-grupo de edad es reportada en otros trabajos.⁽¹⁹⁾

El hecho que la movilidad de la articulación de la rodilla en las féminas sea mayor que la de los pacientes masculinos antes y después del tratamiento confirma los resultados de *Dehghan* y otros,⁽²⁰⁾ quienes demuestran que las hormonas femeninas y las masculinas favorecen y reducen la movilidad de la juntura de la rodilla, respectivamente. Las hormonas femeninas han sido involucradas en la relajación y movilidad de otras uniones en el cuerpo humano.⁽²¹⁾

Al inicio del tratamiento, todos los pacientes de los G1 y G2 refieren dolor de insoportable a moderado, con predominio del Grado II en el examen físico y ecografía, aspectos que justifican el por qué ellos asisten a la consulta de rehabilitación en búsqueda de procedimientos terapéuticos que les mejoren sus

calidades de vida. Sin embargo, a los 20 días de iniciado el estudio, los pacientes del G1 se distribuyeron en los rangos de dolor desde intenso hasta no dolor y aquellos del G2 desde moderado hasta no dolor. Además, todos los pacientes de los G1 y G2 se agrupan en los Grados 0 y I del examen físico y ecografía. Estos hallazgos confirman que cada paciente responde favorablemente a la terapia que se le aplica en $t = 20$ días, siendo notable para el ELF-EMF de 60 Hz. Esta respuesta favorable es independiente del género y la edad, hallazgo que se observa en otros estudios cuando se recomienda el ejercicio físico para la rodilla.⁽²²⁾

La respuesta favorable de los pacientes a la terapia convencional puede ser explicada a partir del sinergismo analgésico y antiinflamatorio que provocan la crioterapia, el ibuprofeno y la dipirona. Los posibles mecanismos de acción analgésicos del ibuprofeno⁽²³⁾ y la dipirona⁽²⁴⁾ se documentan bien en la literatura, razón por la cual no se profundizan en este estudio. Sin embargo, el efecto analgésico de la crioterapia se puede explicar porque al disminuir la temperatura se produce vasoconstricción de los vasos sanguíneos en la zona tratada, lo que conlleva a la reducción del flujo sanguíneo y por ende a la reducción de la extravasación del fluido dentro del intersticio. Además, la disminución de la temperatura reduce/bloquea la actividad sináptica e influye en las terminaciones nerviosas sensoriales y receptores del dolor, aspectos que reportan Dantas y otros⁽²⁵⁾

A pesar de lo que se menciona en el párrafo anterior, el esquema de la terapia convencional propuesto en este estudio no tiene un efecto curativo total sino paliativo porque alivia el dolor, el estrés físico y mental de cada paciente. Esto se justifica porque el 59,0 % de los pacientes terminan con dolores moderado al final del estudio ($t = 20$ días). Este hallazgo puede ser explicado a partir de la heterogeneidad del tejido inflamado de la rodilla (presencia de inflamación, aumento de volumen y derrame sinovial), como se corrobora en el examen físico y ecografía realizados en este estudio y en otros.⁽²⁶⁾ Los resultados del estudio evidencian que las mayores intensidades del dolor y los grados del examen físico y ecografía se corresponden con la mayor heterogeneidad de la zona inflamada, lo que puede hacer refractario el tratamiento.

La heterogeneidad del tejido de la rodilla puede ofrecer resistencia al paso de los medicamentos y dificultar la transferencia de calor desde la zona inflamada hacia la zona fría (donde está la bolsa de hielo). Esto último concuerda con otros estudios.^(25,27) Una mayor heterogeneidad del tejido supone que diferentes regiones tienen diferentes conductividades térmicas y propiedades eléctricas (conductividad eléctrica y permitividad eléctrica). Esto supone la existencia de un gradiente de temperatura, en general no lineal, y que la disipación de calor sea desigual en cada región de la rodilla, en concordancia con Oria y otros.⁽²⁸⁾ Consecuentemente, el calor no se extrae totalmente de la zona inflamada durante y al final de la aplicación del tratamiento convencional, lo que puede explicar la persistencia del dolor e inflamación en los pacientes y por qué su dolor se distribuye fundamentalmente de intenso a moderado y el Grado I prevalece en el examen físico y ecografía al final del estudio.

Lo discutido en el párrafo anterior sugiere que la efectividad de la terapia convencional depende del gradiente de temperatura entre las zonas inflamada y fría, del tiempo de exposición del hielo y de las características biológicas (por ejemplo, la heterogeneidad y la anisotropía) y las propiedades térmicas y eléctricas (por ejemplo, la conductividad eléctrica y la permitividad eléctrica) de la rodilla con sinovitis. Como resultado, la rodilla patológica de cada paciente tiene su propia constante de respuesta a la terapia convencional, denominado tiempo de relajación (τ), el cual es el tiempo que transcurre para que la temperatura fría inducida en la zona tratada tienda a su temperatura inicial (antes de la aplicación de la terapia convencional). Este parámetro depende de la gravedad de la enfermedad, característico de cada paciente y su conocimiento es de vital importancia para inducir una alta efectividad de cualquier terapia. Este aspecto no se tiene en cuenta en la mayoría de los trabajos relacionados con diferentes tipos de terapias, incluso en el estudio.

Si se tienen en cuenta esto último y los resultados del estudio, la baja efectividad de la crioterapia se puede explicar porque el tiempo de exposición fue de (T_{exp} , $T_{exp} = 15 \text{ min}$) y τ ($\tau \approx 2 \text{ h}$) se desprecian en comparación con el tiempo entre aplicaciones de la crioterapia (T_r , $T_r \approx 8 \text{ h}$). Es decir, $T_r \gg (T_{exp} + \tau)$, lo que sugiere

que la crioterapia no debe aplicarse cada 8 h. Desde el punto de vista biofísico, la condición $T_r \gg (T_{exp} + \square)$ significa que los efectos del hielo acontecen mucho más rápido que \square , por lo que la rodilla patológica se ha relajado mucho antes de las 8 h. Esto puede sugerir que la crioterapia debe aplicarse de forma fraccionada de manera que T_r sea menor o del mismo orden que $(T_{exp} + \square)$, en dependencia de la individualidad del paciente y de su intensidad de dolor al inicio del tratamiento. Se puede sugerir la aplicación de la crioterapia cada 2-3 h durante las primeras 24 horas de iniciado el tratamiento.

En contraste, la aplicación del ELF-EMF de 60 Hz trae consigo la reducción significativa/eliminación completa del dolor, edema e inflamación al final del estudio. El primer hallazgo puede ser explicado porque el dolor de los pacientes es ligero o no dolor, según los rangos de la EVA. El segundo y tercer hallazgos confirmados por el examen físico y ecografía. Estos hallazgos están en concordancia con aquellos reportados en otros estudios.^(29,30,31,32)

El mecanismo analgésico del ELF-EMF de 60 Hz no está completamente claro. Sin embargo, ha sido explicado a partir de la inducción de corrientes eléctricas de baja intensidades con efecto analgésico, la activación del sistema inmune por represión de la respuesta inflamatoria a nivel celular, la inducción de la transducción nerviosa, la vasodilatación, entre otros.⁽³²⁾ Además, se documenta que el campo magnético inhibe la producción de los mediadores pro-inflamatorios, como la IL-2 e IL-6 y estimula la de los mediadores anti-inflamatorios, como la IL-10, como se reporta en estudios previos.^(11,12) También, el ELF-EMF amplifica la vía de señalización del factor de crecimiento transformante beta (TGF- \square signaling) e incrementa la generación de subgrupos de células T específicas.⁽³²⁾ Es importante destacar que los mediadores anti-inflamatorios están disminuidos en los procesos inflamatorios mientras los pro-inflamatorios incrementados.^(33,34)

Por otra parte, como el ELF-EMF de 60 Hz estimula el proceso de la angiogénesis,⁽³⁵⁾ una mayor cantidad de calor puede ser extraída de la zona tratada porque más cantidad de sangre irriga la que debido al mayor número de nuevos vasos/microvasos sanguíneos formados. La extracción de calor y la disminución de la temperatura en un tejido/órgano por parte de la sangre han sido reportadas en

diferentes reportes científicos, fundamentalmente en tumores de hígado tratados con hipertermia.⁽³⁶⁾ Además, el ELF-EMF puede estimular puntos de acupuntura y nociceptores presentes en la zona tratada, que pueden inhibir la formación de mediadores celulares involucrados en el dolor, en concordancia con otros trabajos.^(7,9,32,37-39)

Si se tiene en cuenta los resultados de este estudio y \square , la efectividad de la terapia con ELF-EMF de 60 Hz se puede explicar porque T_r es comparable con $(T_{exp} + \square)$, en el que $T_r = 24$ h, $T_{exp} = 20$ min y $6 \square \square \square 12$ h, en dependencia del paciente. Aunque en el estudio no se conoce el valor de \square para cada paciente, su rango específico es teniendo en cuenta lo que reportan *Cabrera* y otros.⁽⁴⁰⁾ Para este caso, la rodilla con sinovitis se ha relajado completamente antes de aplicar el otro estímulo de ELF-EMF. Puede sugerir que el agente físico hay que aplicarlo más de 20 min por más de 20 días hasta que el paciente se haya curado completamente. Esto último depende de los parámetros físicos (inducción magnética, tiempo de exposición, número de aplicación, tiempo entre aplicaciones, frecuencia, forma de onda y porcentaje de no homogeneidad del campo magnético) y mecánicos (geometría, volumen de trabajo, factor de llenado, entre otros) del sistema magnético usado. Además, hay que considerar las características biológicas y las propiedades eléctricas y térmicas de la rodilla con sinovitis.

Es importante señalar que los dolores intenso y moderado observados en los pacientes del G1 y el dolor moderado en aquellos del G2 en $t = 20$ días se corresponden con sus respectivos dolores insoportable e intenso en $t = 0$ días. Además, se debe ser cuidadoso con afirmar categóricamente que el ELF-EMF es mejor que la terapia convencional porque un mayor número de pacientes del G1 están en el valor 10 de la EVA en comparación con el del G2 en $t = 0$ días.

Lo arriba discutido permite hipotizar que para el tratamiento del dolor y de la inflamación de pacientes con sinovitis de rodilla postraumática se debe combinar la crioterapia (cada 2-3 h durante las primeras 24 h de tratamiento) y luego el ELF-EMF (hasta que el paciente se ubique en el 0 del rango de la EVA). En este caso, se sugiere usar los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos por vía tópica y no oral porque por esta última se pueden inducir efectos adversos significativos en

los atletas, como daños gastrointestinal, renal y cardiovascular, entre otros, como reportan *Manoukian* y otros.⁽⁴¹⁾ Esto no contradice el uso de otros métodos físicos ni de los medicamentos farmacológicos con acciones anti-inflamatoria y analgésica.

La diferencia entre las mensuraciones de los cuádriceps femorales menor que 1 cm, la observación de los relieves musculares definidos y la no debilidad muscular explican que no hay alteraciones del trofismo muscular en cada paciente, en concordancia con los resultados de *Vanega Hernández* y otros,⁽⁴²⁾ quienes clasifican la atrofia-hipotrofia en ligera (entre 1 y 2 cm), moderada (entre 2 y 3 cm) y grave (mayor que 3 cm). Es importante señalar que la diferencia de 1 cm entre las mensuraciones de debe a la asimetría entre los miembros inferiores y que un miembro trabaja más que el otro.

En el estudio, la atrofia muscular no se manifestó en cada paciente por dos posibles razones: el tiempo que transcurre entre el diagnóstico y la aplicación del tratamiento (3 a 7 días) es menor que el tiempo de aparición de la atrofia muscular del cuádriceps femoral (mayor que 15 días, según experiencia de los autores); los pacientes nunca fueron inmovilizados; ellos no tienen daños neurológicos; son deportistas entrenados con un nivel de desarrollo de la fuerza muscular, en sentido general; y la rápida respuesta del alivio del dolor con ambas terapias (20 días de observación), trae consigo la movilidad de estos atletas. Estos aspectos pueden ser argumentados porque el estado de trofismo normal de los cuádriceps le da estabilidad a la articulación de la rodilla y la protege de las posibles lesiones que pueden ocurrir en el cartílago de la rótula, en los meniscos, los ligamentos laterales y la capsula articular, que a su vez pueden irritar la membrana sinovial. Es importante que los pacientes se distribuyan en los 0 del rango de la EVA, del examen físico y del ecografía al final de la aplicación de la terapia seleccionada porque si este proceso agudo se mantiene en el tiempo se puede convertir en crónico, el cual puede traer consigo importantes daños en el organismo, como se documenta en.^(43,44) Además, los resultados del estudio corroboran la necesidad de hacer el análisis en el propio paciente antes y después de aplicada cualquier terapia, como reportan *González* y otros⁽⁴⁵⁾ Este aspecto y lo discutido arriba son

de vital importancia para la terapia personalizada de pacientes con sinovitis de rodilla postraumática, como se ha sugerido en otros estudios.^(46,47)

Se puede concluir que el campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja de 60 Hz tiene una mayor efectividad analgésica y antiinflamatoria, y acelera el tiempo de rehabilitación en pacientes con sinovitis de rodilla postraumática respecto a las del tratamiento convencional, teniendo en cuenta la evaluación integrada de la escala visual analógica, rango de la escala visual analógica, índice de efectividad analgésica y respuesta individual del paciente a la terapia seleccionada.

Referencias bibliográficas

1. Gómez Valdés A, Mendoza Cabrera Y, Escalante Cambeaux L. Sinovitis de rodilla, su tratamiento en el área terapéutica de la Facultad de Cultura Física" Nancy Uranga Romagoza". Podium. Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física. 2018 [acceso 30/11/2019];13(3):274-86. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpp/v13n3/1996-2452-rpp-13-03-274.pdf>
2. Sun BY, Sun ZP, Pang ZC, Huang WT, Wu SP. Decreased synovial fluid pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide (PACAP) levels may reflect disease severity in post-traumatic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury. Peptides. 2019;116:22-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2019.04.009>
3. Cambras RA, Nuñez MJ, Riveron LM, Soto del Valle AC. Lesiones de partes blandas en atletas de alto rendimiento. Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología. 2004 [acceso 01/10/2019];18(2):1-4. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2004000200011
4. Sudheer R, Rao SV. MRI in evaluation of knee joint-a series of 150 patients. International Journal of Scientific Research 2019;7(9):3352-6. DOI: <https://dx.doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20193912>
5. Li TY, Wu YT, Chen LC, Cheng SN, Pan RY, Chen YC, *et al.* Efficacy, safety, and synovial effects of intra-articular hyaluronic acid in treating recalcitrant

- hemophilic arthropathy of knee joint. *Journal of Medical Sciences*. 2019;39(1):28-35. DOI: https://doi.org/10.4103/jmedsci.jmedsci_33_18
6. Kaye AD, Cornett EM, Hart B, Patil S, Pham A, Spalitta M, *et al*. Novel pharmacological nonopioid therapies in chronic pain. *Current Pain and Headache Reports*. 2018;22(4):31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11916-018-0674-8>
7. Sánchez MH, Muguercia MG, Cabrales LEB. Efectos inducidos por imanes multipolares colocados en puntos de acupuntura en pacientes con osteoartrosis generalizada. *Ciencia e Innovación Tecnológica. Editorial Académica Universitaria-Opuntia Brava*. 2018 [acceso 15/09/2019];2:2647-58. Disponible en: <http://edacunob.ult.edu.cu>
8. Shaw K, Symington S, Havas M. Pilot study: pulsed electromagnetic field therapy (PEMFT) alleviates symptoms of osteoarthritis. *Novel Techniques in Arthritis Bone Research*. 2017 [acceso 25/09/2019];1(5):1-9. Disponible en: <http://rifemachinepemfreviews.com/wp-content/uploads/2020/01/Pemf-for-Osteoarthritis.pdf>
10. Ozdemir E, Demirkazik A, GURSOY S, Taskiran AS, Kilinc O, Arslan G, *et al*. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on morphine analgesia and tolerance in rats. *General Physiology and Biophysics*. 2017;36(4):415-22. DOI: https://doi.org/10.4149/gpb_2017008
11. Oladnabi M, Bagheri A, Kanavi MR, Azadmehr A, Kianmehr A. Extremely low frequency-pulsed electromagnetic fields affect proangiogenic-related gene expression in retinal pigment epithelial cells. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 2019;22(2):128. DOI: <https://doi.org/10.22038/ijbms.2018.25023.6214>
12. Shen LK, Huang HM, Yang PC, Huang YK, Wang PD, Leung TK, *et al*. A static magnetic field attenuates lipopolysaccharide-induced neuro-inflammatory response via IL-6-mediated pathway. *Electromagnetics Biology and Medicine*. 2014;33(2):132-8. DOI: <https://doi.org/10.3109/15368378.2013.794734>
13. Vergallo C, Dini L, Szamosvölgyi Z, Tenuzzo BA, Carata E, Panzarini E, *et al*. *In vitro* analysis of the anti-inflammatory effect of inhomogeneous static magnetic field-exposure on human macrophages and lymphocytes. *PLoS One*. 2013;8(8):e72374. DOI: <https://doi.org/10.3109/15368378.2013.794734>

14. Williams JR. The Declaration of Helsinki and public health. Bulletin of the World Health Organization. 2008 [acceso 20/08/2019];86:650-2. Disponible en: <https://www.scielosp.org/pdf/bwho/2008.v86n8/650-652/en>
15. Garrison SJ. Manual de Medicina Física y Rehabilitación. 2da ed. La Habana: Ciencias Médicas; 2006 [acceso 20/08/2019]. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion/programa_residencia.pdf
16. Galloway RT, Xu Y, Hewett TE, Barber Foss K, Kiefer AW, DiCesare CA, *et al.* Age-dependent patellofemoral pain: hip and knee risk landing profiles in prepubescent and postpubescent female athletes. The American Journal of Sports Medicine. 2018;46(11):2761-71. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546518788343>
17. McPeak AE, Allaire C, Williams C, Albert A, Lisonkova S, Yong PJ, *et al.* Pain catastrophizing and pain health-related quality-of-life in endometriosis. The Clinical Journal of Pain. 2018;34(4):349-56. DOI: <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000539>
18. Hernández JV, Peral MD, Cabezas AO, Leira JB, Cataño JH, Herrera AP, *et al.* Protocolo de valoración de la patología de la rodilla. SEMERGEN-Medicina de Familia. 2004;30(5):226-44. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1138-3593\(04\)74307-5](https://doi.org/10.1016/S1138-3593(04)74307-5)
19. Martin RM. Influence of biological sex, trait gender, and state gender on pain threshold, pain tolerance, and ratings of pain severity. Personality and Individual Differences. 2019;138(1):183-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2018.09.038>
20. Lue YJ, Wang HH, Cheng KI, Chen CH, Lu YM. Thermal pain tolerance and pain rating in normal subjects: Gender and age effects. European Journal of Pain. 2018;22(6):1035-42. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejp.1188>
21. Dehghan F, Muniandy S, Yusof A, Salleh N. Testosterone reduces knee passive range of motion and expression of relaxin receptor isoforms via α -dihydrotestosterone and androgen receptor binding. International Journal of Molecular Sciences. 2014;15(3):4619-34. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms15034619>
22. Graf C, Schierz O, Steinke H, Körner A, Kiess W, Kratzsch J, *et al.* Sex hormones in association with general joint laxity and hypermobility in the temporomandibular joint in adolescents-results of the epidemiologic LIFE child

- study. Journal of Oral Rehabilitation. 2019. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/joor.12834>
23. Bright P, Hambly K. Patients using an online forum for reporting progress when engaging with a six-week exercise program for knee conditioning: feasibility study. JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies. 2018;5(1):e9. DOI: <https://doi.org/10.2196/rehab.8567>
24. Theodoridou A, Gika H, Diza E, Garyfallos A, Settas L. *In vivo* study of pro-inflammatory cytokine changes in serum and synovial fluid during treatment with celecoxib and etoricoxib and correlation with VAS pain change and synovial membrane penetration index in patients with inflammatory arthritis. Mediterranean Journal of Rheumatology. 2017;28(1):33-50. DOI: <https://doi.org/10.31138/mjr.28.1.33>
25. Bastos R, Mathias M, Andrade R, Bastos R, Balduino A, Schott V, *et al.* Intra-articular injections of expanded mesenchymal stem cells with and without addition of platelet-rich plasma are safe and effective for knee osteoarthritis. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2018;26(11):3342-50. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4883-9>
26. Dantas LO, Moreira RFC, Norde FM, Serrao PRMS, Albuquerque-Sendín F, Salvini TF, *et al.* The effects of cryotherapy on pain and function in individuals with knee osteoarthritis: a systematic review of randomized controlled trials. Clinical Rehabilitation. 2019;33(8):1310-1319. DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215519840406>
27. Wood MJ. Cellular and molecular heterogeneity in the synovial tissue of osteoarthritis patients. [Doctoral dissertation]. Newcastle University, Newcastle upon Tyne, United Kingdom. 2018 [acceso 30/08/2019]. Disponible en: <https://theses.ncl.ac.uk/jspui/bitstream/10443/4244/1/Wood%2C%20M%202018.pdf>
28. Tomasz C. Subjective evaluation of the effectiveness of whole-body cryotherapy in patients with osteoarthritis. Reumatologia. 2016;54(6):291-5. DOI: <https://doi.org/10.5114/reum.2016.64904>

29. Oria ER, Cabrales LEB, Reyes JB. Analytical solution of the bioheat equation for thermal response induced by any electrode array in anisotropic tissues with arbitrary shapes containing multiple-tumor nodules. *Revista Mexicana de Física*. 2019;65(3):284-90. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.31349/revmexfis.65.284>
30. Gobbi RG, Pastore e Silva AL, Demange MK, Pécora JR, Espregueira-Mendes J, Camanho GL, *et al.* Clinical results of pulsed signal therapy on patellofemoral syndrome with patellar chondropathy. *Bioelectromagnetics*. 2019;40(2):83-90. DOI: <https://doi.org/10.1002/bem.22172>
31. Cichoń N, Olejnik AK, Miller E, Saluk J. The multipotent action of electromagnetic field. *Biologia*. 2016;71(10):1103-10. DOI: <https://doi.org/10.1515/biolog-2016-0142>
32. Ross CL, Teli T, Harrison BS. Electromagnetic field devices and their effects on nociception and peripheral inflammatory pain mechanisms. *Alternative Therapies in Health Medicine*. 2016;22(3):34-47.
33. Ozdemir E, Demirkazik A, Taskiran AS, Arslan G. Effects of 5-HT₁ and 5-HT₂ receptor agonists on electromagnetic field-induced analgesia in rats. *Bioelectromagnetics*. 2019;40(5):319-30. DOI: <https://doi.org/10.1002/bem.22196>
34. Manzo A, Bugatti S, Caporali R, Montecucco C. Histopathology of the synovial tissue: perspectives for biomarker development in chronic inflammatory arthritides. *Reumatismo*. 2018 [acceso 02/09/2019];121-32. Disponible en: <https://www.reumatismo.org/index.php/reuma/article/download/1057/799>
35. Radojčić MR, Thudium CS, Henriksen K, Tan K, Karlsten R, Dudley A, *et al.* Biomarker of extracellular matrix remodelling C1M and proinflammatory cytokine interleukin 6 are related to synovitis and pain in end-stage knee osteoarthritis patients. *Pain*. 2017;158(7):1254-63. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000908>
36. Cichoń N, Bijak M, Czarny P, Miller E, Synowiec E, Sliwinski T, *et al.* Increase in blood levels of growth factors involved in the neuroplasticity process by using an extremely low frequency electromagnetic field in post-stroke patients.

Frontiers in Aging Neuroscience. 2018;10:294. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00294>

37. Behrouzkia Z, Joveini Z, Keshavarzi B, Eyvazzadeh N, Aghdam RZ. Hyperthermia: how can it be used? Oman Medical Journal. 2016;31(2):89-97. DOI: <https://doi.org/10.5001/omj.2016.19>

38. Varani K, Vincenzi F, Ravani A, Pasquini S, Merighi S, Gessi S, *et al.* Adenosine receptors as a biological pathway for the anti-inflammatory and beneficial effects of low frequency low energy pulsed electromagnetic fields. Mediators of inflammation. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/2740963>

39. Demirkazik A, Ozdemir E, Arslan G, Taskiran AS, Pelit A. The effects of extremely low-frequency pulsed electromagnetic fields on analgesia in the nitric oxide pathway. Nitric Oxide. 2019;92(1):49-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.niox.2019.08.003>

40. Cabrera AC, Acosta TB, Pérez YML. Agentes físicos: terapia física y rehabilitación. La Habana: Editorial de Ciencias Médicas; 2006.

41. Manoukian MAC, Migdal CW, Tembhekar AR, Harris JA, DeMesa C. Topical administration of ibuprofen for injured athletes: considerations, formulations, and comparison to oral delivery. Sports Medicine-Open. 2017;3(1):36. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0103-2>

42. Vanega Hernández M, Fernández Barrientos O, Arceo Espinosa M, Silvera Elías F. Rehabilitation of the quadriceps femoris muscle in patients with atrophy after knee post-surgery. Multimed. 2018 [acceso 02/09/2019];22(3):573-98. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/multimed/mul-2018/mul183f.pdf>

43. Greten FR, Grivennikov SI. Inflammation and cancer: triggers, mechanisms, and consequences. Immunity. 2019;51(1):27-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2019.06.025>

44. Aoki T, Narumiya S. Prostaglandin E 2-EP2 signaling as a node of chronic inflammation in the colon tumor microenvironment. Inflammation and Regeneration. 2017;37(1):4. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41232-017-0036-7>

45. González MM, Morales DF, Cabrales LEB, Pérez DJ, Montijano JI, Castañeda ARS, *et al.* Dose-response study for the highly aggressive and metastatic primary

F3II mammary carcinoma under direct current. *Bioelectromagnetics*. 2018;39(6):460-75. DOI: <https://doi.org/10.1002/bem.22132>

46. Wang N, Huang Y, Liu H, Fei X, Wei L, Zhao X, *et al.* Measurement and application of patient similarity in personalized predictive modeling based on electronic medical records. *BioMedical Engineering OnLine*. 2019;18(1):1-15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0718-2>

47. Bright P, Hambly K. Patients using an online forum for reporting progress when engaging with a six-week exercise program for knee conditioning: feasibility study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2018;5(1):e9. DOI: <https://doi.org/10.2196/rehab.8567>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Esmirna Cascaret Fonseca, Andrés Ferrer Acosta, Eduardo Pérez Téllez, Leonardo Mesa Torres, Ángel Orestes Pérez Jane, Idalia González Ferro, Argenis Rodríguez Cascaret, Ernesto Lázaro Sánchez Cascaret, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Curación de datos: Esmirna Cascaret Fonseca, Leonardo Mesa Torres, Amed Gata Molina, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Análisis formal: Esmirna Cascaret Fonseca, Amed Gata Molina, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Adquisición de fondos: Esmirna Cascaret Fonseca, Andrés Ferrer Acosta, Eduardo Pérez Téllez, Ernesto Lázaro Sánchez Cascaret.

Investigación: Esmirna Cascaret Fonseca, Andrés Ferrer Acosta, Leonardo Mesa Torres, Ángel Orestes Pérez Jane, Idalia González Ferro, Argenis Rodríguez Cascaret, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Metodología: Esmirna Cascaret Fonseca, Leonardo Mesa Torres, Idalia González Ferro, Ernesto Lázaro Sánchez Cascaret, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Administración del proyecto: Esmirna Cascaret Fonseca.

Recursos: Esmirna Cascaret Fonseca, Eduardo Pérez Téllez, Ernesto Lázaro Sánchez Cascaret.

Supervisión: Esmirna Cascaret Fonseca, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Validación: Esmirna Cascaret Fonseca, Ángel Orestes Pérez Jane, Idalia González Ferro, Argenis Rodríguez Cascaret, Ernesto Lázaro Sánchez Cascaret, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Visualización: Esmirna Cascaret Fonseca, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Redacción - borrador original: Esmirna Cascaret Fonseca, Luis Enrique Bergues Cabrales.

Redacción - revisión y edición: Esmirna Cascaret Fonseca, Andrés Ferrer Acosta, Eduardo Pérez Téllez, Leonardo Mesa Torres, Ángel Orestes Pérez Jane, Idalia González Ferro, Argenis Rodríguez Cascaret, Amed Gata Molina, Ernesto Lázaro Sánchez Cascaret, Luis Enrique Bergues Cabrales.