



Revista de la Facultad de Medicina  
ISSN: 2357-3848  
[revista\\_fmbog@unal.edu.co](mailto:revista_fmbog@unal.edu.co)  
Universidad Nacional de Colombia  
Colombia

Martínez-Rozo, Jairo; Husain-Talero, Soraya  
Citoprotección y reparación mediadas por encefalinas en el ejercicio físico  
Revista de la Facultad de Medicina, vol. 62, núm. 1, 2014, pp. 91-99  
Universidad Nacional de Colombia  
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576363528012>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL

# Citoprotección y reparación mediadas por encefalinas en el ejercicio físico

*Citoprotection and repair mediated by enkephalins in physical exercise*

Jairo Martínez-Rozo MD<sup>1</sup> • Soraya Husain-Talero<sup>2</sup>

Recibido: 26/02/2013 / Aceptado: 1/02/2014

<sup>1</sup> Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia.

Correspondencia: Jairo Martínez-Rozo. Correo electrónico: jmartinezro@unal.edu.co.

## | Resumen |

**Antecedentes.** Los efectos deletéreos de suprimir la oxigenación de los tejidos se pueden eliminar con protección celular, utilizando alimentos como el pescado, que contiene litio, ácidos grasos, omega 3, frutas y verduras para aportar antioxidantes. La regeneración celular y tisular se puede mediar por encefalinas. Su acción puede asociarse al ejercicio físico intenso y el trabajo excéntrico encargados de retirar los tejidos lesionados.

**Objetivo.** Conocer algunas experiencias que utilizan la inmersión en piscina para suprimir el dolor y dar calidad de vida al paciente.

**Materiales y métodos.** Se analiza la interacción de diez variables utilizadas como herramientas de trabajo en ocho pacientes escogidos al azar.

**Resultados.** El trabajo excéntrico es la más importante de las herramientas. El daño muscular produce factor de crecimiento muscular y nervioso, lo cual, junto al empleo de insulinas, regenera en conjunto los tejidos. La herramienta de los endocannabinoides participa en la relajación, protección, alimentación y re-funcionalización de los tejidos, a la par que interactúa con las endorfinas para mediar la reparación en el sistema endotelial.

**Conclusiones.** Las imágenes funcionales avanzadas (3 Teslas) de resonancia serán de utilidad para observar y evaluar las interacciones de las herramientas.

**Palabras clave:** Litio, Encefalinas, Oxígeno, Ácido Láctico, Trastorno Bipolar (DeCS).

Husain-Talero S, Martínez-Rozo J. Citoprotección y reparación mediadas por encefalinas en el ejercicio físico. Rev Fac Med. 2014;62:91-99.

## Summary

**Background.** Cell protection removes the deleterious effects of suppressing tissue oxygenation by using foods such as fish, which contains lithium, fatty acids, omega 3, fruits and vegetables that provide antioxidants. Enkephalins mediate cell and tissue regeneration. Strenuous exercise and eccentric work are related to enkephalins action in charge of removing the damaged tissues.

**Objective.** To present some professional experiences that use the pool immersion to suppress the pain and to improve the life quality of the patient.

**Materials and methods.** Analysis of ten variables interaction, used as working tools in eight randomly selected patients.

**Results.** Eccentric work is the most important tool. Muscle damage produces nervous and muscle growth factor which, by the use of insulins regenerate tissue altogether. The variable endocannabinoids participates in relaxation, protection, feeding and re-functionalization of tissues; it also interacts with endorphins to mediate the repair in the endothelial system.

**Conclusions.** We conclude that advanced functional imaging (3 Tesla) with resonance would be useful to observe and evaluate the interactions of the variables.

**Key words:** Lithium, Enkephalins, Oxygen, Lactic Acid, Bipolar Disorder (MeSH).

Husain-Talero S, Martínez-Rozo J. Citoprotection and repair mediated by enkephalins in physical exercise. Rev Fac Med. 2014;62:91-99.

## Introducción

La neuroprotección se puede definir como un tratamiento en el cual se utilizan los elementos para impedir los efectos dañinos de la falta de oxigenación de los tejidos y así mantener su función. En el momento existen varios medicamentos usados para mediar la neuroprotección, tales como esteroides, anticálicos, barbitúricos, anestésicos locales y generales, antitrombóticos y anticonvulsivantes. Estas sustancias son de uso en la neuroprotección en pacientes con problemas de hipoxias del sistema nervioso central por diferentes causas (1). Sin embargo, según Gálvez y Téllez-Vargas (2), el uso de litio provee de neuroprotección a pacientes con enfermedad bipolar porque este modelo produce hipoxia neuronal cuando los vasos sanguíneos no son capaces de aportar el oxígeno, debido al exceso de demanda local de nutrientes que se sucede en estos casos cuando se entra en fases de manía o preocupación.

El uso de antioxidantes en la dieta también se acepta como protector del cerebro ante la hipoxia y el litio adquirido por dieta también produce aumento del sistema interno antioxidante más importante del cuerpo (3). Los antioxidantes reducen el daño en hipoxia porque se unen inactivando moléculas que se comportan como radicales libres de oxígeno.

Esta investigación busca entender a fondo cómo la neuroprotección, citoprotección y reparación de tejidos, se puede mediar con encefalinas producidas naturalmente por el cuerpo, por medio del ejercicio físico intenso realizado durante la inmersión en piscina (4). Estas encefalinas se producen en la sustancia gris periacueductal, tienen receptores en el sistema endotelial (5) e inducen procesos de regeneración al promover la maduración de células totipotenciales las cuales existen en la mayoría de los tejidos del cuerpo (6).

Está comprobado que la práctica del ejercicio físico tiene efectos benéficos tanto para salud física como para la salud psicológica. Personas que practican esta actividad regularmente suelen percibir mayor grado de salud, calidad de vida y menor nivel de estrés (7). Así mismo, pacientes que sufren de distintas enfermedades se ven beneficiados por este tipo de prácticas debido a que estimulan la producción de encefalinas y endorfinas, las cuales no solo disminuyen

el dolor y la ansiedad, sino que incrementan el sueño; esto favorece la producción de elementos antiinflamatorios como esteroides y promueve la reparación de tejidos en pacientes que han tenido algún tipo de lesión, ya que el sueño produce la hormona de crecimiento e histamina, la cual reduce los riesgos de infección (4).

En particular, el ejercicio excéntrico (7) realizado con la fuerza del paciente, más otra adicional como la de la gravedad o la fuerza centrífuga, produce daños en los tejidos lesionados, los cuales son identificados por el sistema linfático. Este sistema los analiza y define, por medio de señales originadas en los ganglios linfáticos cuáles receptores deben ser activados en el sistema endotelial para producir las células de repuesto. A su vez, el dolor causado por las lesiones inicia la producción de encefalinas que, al contar con receptores endoteliales, activan y favorecen dicho proceso. Al aumentar la encefalina se disminuye el dolor hasta desaparecerlo y, a la vez, se activa la reparación a una velocidad tan importante que suprime totalmente la causa del dolor.

El acido láctico se produce en cantidades muy elevadas durante la inmersión en piscina, lo cual ocurre en los tejidos y favorece a su vez la acidosis para que se libere el oxígeno de la hemoglobina (8). El oxígeno forma radicales libres que rompen el tejido dañado previamente por una enfermedad o trauma, o por el ejercicio mismo. El oxígeno, por el hecho de ser liberado a presión de los tejidos en las condiciones hiperbáricas del fondo de la piscina, contiene a su vez más información, ya que se comporta como un abismo gravitacional que atrae a otros elementos, disminuyendo espacios, lo cual favorece la aceleración de los mecanismos de reparación.

También es importante mencionar que una dieta rica en frutas y verduras y, por consiguiente, con aportes de grasas fluidas y aminoácidos esenciales, es básica para regenerar los tejidos lesionados. El pescado del fondo del mar posee Omega 3, un factor que funciona como anticoagulante en tejidos, en sus dos formas: ácido docosahexaenoico y ácido eicosapentanoico (DHA y EPA). Además, el Omega 3 funciona como anticoagulante en la sangre y hace fluidos los tejidos corporales, lo cual favorece su reparación o recambio.

El litio, presente en trazas en el agua de mar, se encuentra también en el pescado, especialmente en los del fondo (9). El litio estabiliza las células para que puedan ser reparadas, en lugar de entrar en apoptosis o muerte celular programada, es decir produciendo citoprotección.

El tratamiento de regeneración mencionado en esta investigación, utiliza dietas enfocadas en suministrar nutrientes

de alto valor biológico que sean utilizadas como piezas de cambio en los tejidos. De esta manera, si se reparan células totipotenciales muy primitivas se conserva más íntegra la memoria de proceso y la función celular completa. Los antioxidantes impiden el daño de otros tejidos sometidos a hipoxia por el ejercicio, porque neutralizan proteínas dañadas y otros radicales libres que pueden lesionar tejidos sanos.

Además, el tratamiento utiliza el ejercicio excéntrico durante inmersión en piscina para romper y retirar tejidos dañados y aumentar la producción de ácido láctico (8); de esta manera, la presión del agua aporta oxígeno hiperbárico. Así mismo, con el tiempo de exposición a la hipoxia y al aumento del trabajo físico realizado en apnea, se logra que los niveles de trabajo sean muy altos, debido a que en la inmersión la tensión arterial y el pulso disminuyen, así como también se produce relajación muscular. Lo anterior conduce a que el ácido láctico, que antes se consideraba tóxico, se convierta en un substrato utilizado para alimentar la cadena respiratoria que normalmente utiliza glucosa, aumentando el gasto metabólico unas doce veces, debido a que produce muy pocas unidades de adenosina trifosfato (ATP) lo cual conlleva a una disminución en el peso corporal. Esto se ha demostrado en atletas de alto rendimiento, pero, como lo menciona Schurr (10), también se produce normalmente en diversos tejidos, como el nervioso.

Los endocannabinoides son sustancias producidas por el tejido nervioso que participan en procesos como la alimentación, el olvido, la relajación y la protección. Su estructura es principalmente de alcoholes orgánicos y tienen un papel importante en retirar grasa corporal. Se producen durante la alimentación, en descanso; las neuronas que los producen tienen conexiones con el sistema inmunológico y también tienen receptores en el sistema mesolímbico dopaminergico cerebral. Su producción aumenta durante el ejercicio intenso y promueve la relajación vascular, disminuyendo niveles de tensión arterial local para favorecer la ejecución muscular y ejecutiva del sistema nervioso, así como de los sistemas que tienen que ver con el aporte de los nutrientes. También, modulan la producción de dopamina, la cual tiene acción ordenadora de la mayoría de las hormonas y neurotransmisores que participan en la ejecución afectiva-emocional de los movimientos corporales durante el ejercicio y de las respuestas reparadoras, relajantes y protectoras que ocurren durante el mismo y durante los estados de sueño, después del ejercicio o relacionados con el ejercicio (11).

En el presente estudio se conciben diez herramientas fundamentales en la regeneración de tejidos tras la inmersión en piscina los cuales son: litio, ejercicio físico, antioxidantes, encefalinas, ejercicio excéntrico, ácido láctico, oxígeno hiperbárico, sueño, reducción de peso, endocannabinoides.

Estas herramientas se analizarán en los pacientes y se indicará el orden de importancia de cada una con respecto a las otras.

## Materiales y métodos

En este estudio se escogieron ocho pacientes con alguna lesión crónica o que requerían cirugía, a los cuales se les practicó el tratamiento de regeneración por medio de ejercicio físico intenso en piscina. El plan de regeneración de tejidos se inició analizando la historia clínica de los pacientes, haciendo un examen médico y exámenes clínicos pertinentes. Una vez estos fueron revisados, se brindaron indicaciones de dieta específica a cada paciente, dependiendo de su patología, así como varias recomendaciones relacionadas con el sueño, la periodicidad del ejercicio y su forma especial o particular de relacionarse afectivamente con los demás y consigo mismo. Esto se hizo al comentarles que eran formas de mejorar su estado de salud tanto físico como psicológico.

Se les explicó a los pacientes que los desarreglos en la esfera afectiva y emocional están relacionados con la superación de la parte física que mantiene inactiva cierta área del cuerpo y que produce el daño funcional, el cual tiene como consecuencia los síntomas que delatan el desequilibrio del sistema endotelial difuso del cuerpo que controla la regeneración del tejido, las infecciones y la producción de células cancerosas. Se les indicó que este desequilibrio se encuentra, a su vez, causado por un exceso de carga que se describe como estados estresantes y que tienen como fondo una separación del amor que estas personas sienten por ellas mismas, por otras personas y por el amor colectivo y su trascendencia.

Posteriormente, se inició el tratamiento de regeneración en piscina, definiendo frecuencia (F), intensidad (I), duración (D), modalidad (M) y progresión (P) (12). Se utilizaron careta y aletas para trabajar en el fondo de la piscina. Inicialmente, se hizo un trabajo de adaptación el cual comprendía: la superación al temor de movilizarse libremente en el agua, las formas de inmersión, la construcción de una rutina de superación de hábitos encaminada al manejo de una apnea de inmersión para mejorar la capacidad pulmonar y, de esta manera, tomar volúmenes mayores de aire y deshacerse del dióxido de carbono más eficientemente. Una vez los pacientes se comenzaron a adaptar, se inició el trabajo específico para cada lesión.

Los datos se analizaron de una manera cualitativa, preguntándole al paciente cómo cambiaron sus síntomas con el trabajo dirigido y qué síntomas desaparecieron completamente. También se les preguntó cómo fue la adaptación al estilo de vida saludable (mejorar la dieta, horas de sueño, reducir el estrés e incrementar el ejercicio físico) que se les propuso.

## Paciente 1

Mujer, 39 años, soltera. Diagnóstico: artritis reumatoide juvenil con 17 años de evolución de síntomas, con episodios de mejoría y recidiva; en tratamiento con esteroides, antiinflamatorios y últimamente con metotrexate. Antecedentes: mayo 2003, reemplazo de cadera. Diciembre 2006, dolor en el cuello; MRI muestra crecimiento del tejido blando a nivel de la apófisis odontoides de la segunda vértebra cervical tocando el saco dural, que se interpretó como correspondiente a un panus. Agosto 2007, inflamación de rodillas; empieza a usar bastón. Junio 2008, depresión y ansiedad. Primera consulta: junio 2008. Tratamiento de regeneración: se le hizo un fuerte trabajo de adaptación subacuática seguido por ejercicio de cuello y de rodillas para incrementar la fuerza de los músculos extensores y rotadores; se buscó mejorar la postura para caminar erguida.

## Paciente 2

Mujer, 53 años, casada con 2 hijos. Diagnóstico: neuropatía diabética. Antecedentes: la paciente ha sufrido de neuropatía en las extremidades por muchos años y hace 17 años perdió la fuerza muscular de las manos. Octubre 2009, se le dormían las manos, tenía el síndrome de túnel carpiano y le diagnosticaron neuropatía; la remitieron a terapia ocupacional. Paciente ha seguido una dieta vegetariana estricta por varios años. Se encontró debilidad en los pequeños músculos de las manos, imposibilidad para mover los dedos de los pies y debilidad para la dorsiflexión del pie y de los músculos extensores de la columna. Primera consulta: enero 2010. Tratamiento de regeneración: se le hizo un trabajo para fortalecer los músculos de la columna y las extremidades con natación subacuática.

## Paciente 3

Mujer, 29 años, separada, 1 hija. Diagnóstico: depresión ansiosa de 3 años de evolución, agudizada cuando hace 2 años perdió el empleo. Antecedentes: en julio de 2009 la diagnosticaron con depresión ansiosa, ya que empezó a sufrir de ataques de vértigo, sudor en las manos y solo se desahogaba llorando y gritando. Perdió el contacto físico y afectivo con su hija. Toma fluoxetina. Primera consulta: enero 2009. Tratamiento de regeneración de tejidos nervioso: regeneración subacuática. Se le aconsejó un cambio de dieta.

## Paciente 4

Mujer, 78 años, viuda con 2 hijos. Diagnóstico: artritis degenerativa, púrpura trombocitopénica autoinmune. Antecedentes: paciente que le duele todo el cuerpo. Dolor en el hombro izquierdo, dolor de cuello en el lado derecho,

dolor lumbar irradiado a la pierna derecha. Deformidad en los pies, en las rodillas por artritis degenerativa y dolor en la columna por la artritis. También tiene trombocitopenia. Come grasas y bajó de peso sin hacer ejercicio. En los rayos X de columna se observa que la paciente tiene tres vertebras fusionadas, deformadas con un canal cervical estrecho. Se le practicó una cirugía de juanetes y esto aún le produce dolor, razón por la cual no puede caminar bien. Toma esteroides para incrementar las plaquetas y terapia neural dos veces por semana para el dolor. Primera terapia: enero 2010. Tratamiento de regeneración: rotaciones de columna cervical y lumbar realizados en inmersión. Fortalecimiento de los músculos de la columna lumbar, cervical y lumbosacra.

## Paciente 5

Mujer, 82 años, viuda. Diagnóstico: hernia discal lumbar. Antecedentes: paciente se cayó y empezó a sufrir de dolor en la cadera izquierda. Consultó al médico general y le recetaron antiinflamatorios, pero no tuvo mejoría. El dolor en la pierna izquierda no la dejaba dormir. El dolor desaparecía al sentarse. Paciente sufre de diabetes, se aplica 10 unidades de insulina diarias y es hipertensa y obesa (89 kilos). Tuvo un accidente cerebrovascular en el hemisferio izquierdo que le afectó el lenguaje, pero que no le dejó secuelas. Tensión arterial 130/90. Recibe medicación antihipertensiva. Resonancia magnética muestra 2 hernias discales a nivel L3, L4 y L5, S1 y canal estrecho L4, L5. Primera terapia: abril 2008. Tratamiento de regeneración: inicialmente se hizo el tratamiento 3 veces a la semana, por seis meses, después dos veces a la semana por 6 meses y ahora 1 vez por semana. Ejercicios subacuáticos de giro y de extensión y fortalecimiento de los músculos posteriores de la columna lumbosacra y de los glúteos.

## Paciente 6

Mujer, 71 años. Diagnóstico: esclerosis múltiple. Antecedentes: 2004, a la paciente se le paralizó la pierna izquierda mientras practicaba ejercicios. Luego empezó a tener dificultad para mover la otra pierna, se le paralizaron las manos y empezó a sentir una sensación de ahogo cuando se estresaba. Exámenes médicos revelaron que tenía un lipoma vertebral dorsal izquierdo a nivel de T2, debilidad en ambos miembros superiores y paraparesia predominante en la pierna izquierda. Rayos X revelaron que la paciente tenía una elevación de hemidiafragma izquierdo. Primera terapia: enero 2010. Tratamiento de regeneración: dados los antecedentes de la paciente, su tratamiento es un poco más complejo que el de los demás. Tratamiento enfocado a regenerar las neuronas que realizan la coordinación fina de los músculos de los pies, de los muslos y las piernas y la fuerza del hemidiafragma izquierdo y la utilización de los músculos distales de los miembros superiores.

## Paciente 7

Hombre, 54 años. Diagnóstico: ruptura en el manguito rotador, bursitis o tendinitis. Antecedentes: dolor y limitación funcional del hombro derecho. No podía levantar el brazo encima de la cabeza por dolor. Primera consulta: enero 2004. Tratamiento de regeneración: inicialmente se hizo trabajo en tierra por un periodo de 6 meses ya que el paciente no sabía nadar. El trabajo era excéntrico usando pesas. Tuvo una ligera mejoría del dolor. Posteriormente se trabajó en piscina, haciendo mariposa subacuática para fortalecer los hombros y la espalda.

## Paciente 8

Mujer, 68 años. Diagnóstico: postoperatorio de fractura de fémur. Antecedentes: la paciente tuvo una fractura supracondilia de fémur derecho la cual fue intervenida en noviembre del 2002 con una placa y tornillos. La paciente fue intervenida 3 veces en la rodilla derecha, inicialmente cuando tenía 20 años por ruptura de los meniscos. Recientemente le recomendaron reemplazo de

rodilla por una severa degeneración articular. También tuvo una lesión en el manguito rotador derecho y le propusieron cirugía. Tiene problemas de columna lumbar por hernia discal L4-L5. Es hipertensa y obesa. Primera consulta: en el 2004. Tratamiento de regeneración: regeneración con ejercicio subacuático de rotación de las rodillas, de la columna y del hombro derecho. Inicialmente, se le practicó el tratamiento 5 veces por semana, 2 horas, por un año; luego, 2 veces por semana, 2 horas, por un año. Actualmente, practica el tratamiento una vez por semana por 1 hora.

## Análisis

La muestra total fueron 8 pacientes, de los cuales 7 eran mujeres y 1 hombre. Para analizar los datos se agrupó la muestra en dos categorías: mayores de 65 años y menores de 65 años. Las características más notorias de la muestra aparecen en las tablas 1 y 2, en la cual se anotan características biofísicas, la enfermedad o lesión y el estado emocional de los pacientes antes de iniciar el tratamiento.

**Tabla 1.** Características de los pacientes estudiados. Menores de 65 años.

Paciente	Sexo	Edad	Lesión o enfermedad	Rango de peso	Hipertensión	Ansiedad	Depresión
1	F	39	Artritis reumatoide juvenil	Normal			
2	F	53	Neuropatía diabética	Normal			
3	F	29	Depresión ansiosa	Normal		Sí	Sí
7	M	54	Ruptura en el manguito rotador	Normal			

**Tabla 2.** Características de los pacientes estudiados. Mayores de 65 años.

Paciente	Sexo	Edad	Lesión o enfermedad	Rango de peso	Hipertensión	Ansiedad	Depresión
4	F	78	Artritis degenerativa	Normal			
5	F	82	Hernia Discal Lumbar	Obesa	Hipertensa		
6	F	71	Esclerosis múltiple	Normal		Sí	Sí
8	F	68	Post-operatorio de fractura de fémur	Obesa	Hipertensa		

En la tabla 3 se muestra la frecuencia (F), intensidad (I) y duración (D) del tratamiento de regeneración de cada paciente. La modalidad (M) en todos los casos fue de inmersión en piscina.

**Tabla 3.** Plan de tratamiento de cada paciente.

Paciente	Frecuencia	Intensidad (hora)	Duración
1	3 veces/semana	1	3 meses
2	3 veces/semana	1	3 meses
3	2 veces/semana	1	3 semanas
7	5 veces/semana	2	6 meses
4	1 vez/semana	1	2 meses
5	Variable	1	2 años
6	3 veces/semana	1	1 mes
8	5 veces/semana	2	1 año

## Resultados

El promedio de trabajo en piscina por paciente fue de una hora dos veces a la semana. El rango de edad de los pacientes fue de los 30 a los 82 años. Todos presentaban dolor al inicio del tratamiento. Dos de los pacientes presentaban síntomas de depresión y ansiedad a la vez y otros dos pacientes eran

hipertensos y obesos, siendo ambos mayores de 65 años. Los resultados por paciente pueden ser vistos en el anexo 1. Con respecto a las herramientas, la tabla 4 muestra las tres más importantes por paciente, en orden.

**Tabla 4.** Características de los pacientes estudiados. Mayores de 65 años.

Paciente	Litio	Ejercicio físico	Antioxidantes	Encefalinas	Trabajo excéntrico	Ácido láctico	Oxígeno hiperbárico	Sueño	Reducción de peso	Endocannabinoides
1	3	1				2				
2				1	2	3				
3	1		2		3					
4		3		1		2				
5		2			1				3	
6		3					1	2		
7				3	1	2				
8		3			1				2	

Al analizar la progresión de los pacientes durante el tratamiento de regeneración se notó: los pacientes tuvieron una reducción o desaparición del dolor; tuvieron un incremento de la movilidad no solamente en las zonas afectadas sino en todos los músculos utilizados en el desplazamiento subacuático; mejoraron su estado físico para actividades cotidianas como caminar y subir escaleras sin fatiga; perdieron peso; mejoraron su capacidad para conciliar el sueño rápido y la calidad del mismo.

Al analizar el orden de importancia de las herramientas usadas en el estudio de regeneración, se encuentra que la principal variable que incidió fue la del trabajo excéntrico. La herramienta de producción de encefalinas fue la principal en dos pacientes y la segunda más importante en otro paciente.

La herramienta de la producción del ácido láctico aparece en segundo orden en tres de los pacientes y en tercer orden en otro paciente. La herramienta de utilización del ejercicio físico es la principal en un paciente y la segunda para un paciente y está en tercer orden en tres pacientes.

## Discusión

Los pacientes mostraron un estado favorable después de haber practicado el tratamiento de regeneración en el fondo de la piscina. La mayoría de pacientes presentaron algún tipo de ansiedad o temor inicial al ser expuestos a la piscina.

Sin embargo, la motivación por recuperarse fue mayor y se logró vencer el miedo a la inmersión. Se construyó una rutina de habituación por la cual se logró un manejo de la respiración para obtener un volumen de aire en los pulmones que permitiera mantener la inmersión. También se obtuvo adecuación al trabajo anaeróbico por adaptación a la apnea.

Las pacientes reportaron una disminución o desaparición del dolor ya que hubo disminución de la inflamación y reparación de los tejidos en las zonas afectadas. Como consecuencia de esta reparación, los pacientes reportaron un incremento en su capacidad de movilizar las zonas afectadas, así como otras zonas alteradas favorablemente por el ejercicio.

También hubo un mejoramiento en el estado físico en general de todo el cuerpo, incluyendo sus funciones respiratorias, digestivas y capacidad de relacionarse con las personas en el entorno. Todos los pacientes cambiaron su composición corporal porque disminuyeron el porcentaje de grasas y aumentaron la masa muscular. Se espera que todos experimenten un aumento y fortalecimiento en la masa ósea a largo plazo si continúan con el tratamiento.

A través de un trabajo rotatorio de los huesos del tronco y las extremidades se produce hueso líquido y matriz ósea por el efecto “piezo eléctrico”, que induce su producción por el salto de corriente que ocurre con la rotación que hace colisionar los cristales de calcio del tejido óseo y que inician

la producción de hueso. Y por el efecto piezo eléctrico del colágeno generado al deformar el material que favorece la deposición hidroxiapatita en la zona cargada negativamente, es decir sometida a presión (13).

Los pacientes reportaron un incremento en el sueño, el cual es beneficioso porque durante el sueño la linfa sale de los tejidos por la relajación, llevando un mensaje de consenso de daño al sistema linfático para producir sustancias antiinflamatorias; sustancias como la histamina y las endorfinas combaten la infección, inician y favorecen el proceso de regeneración. Además, también se produce hormona de crecimiento para favorecer el crecimiento de tejidos lesionados.

El ácido láctico baja la presión arterial porque se produce en gran cantidad durante la apnea, la presión en los tejidos aumenta y causa acidosis, la cual permite que la hemoglobina libere fácilmente el oxígeno necesario para la sobrevida de los tejidos. Después, el ácido láctico sale a la circulación, dilata las venas y los linfáticos y recircula en la sangre arterial desde el corazón y dilata arterias y arteriolas (14).

Cuando se realiza ejercicio en apnea, todo tipo de obstrucción física se rompe y se consigue un estado de relajación muscular, el cual hace que los pacientes se interesen solamente en el trabajo acuático. Esto conlleva a un estado de reposo de las zonas cerebrales que permite que los daños causados por el exceso de trabajo se realicen.

Dichas reparaciones son mediadas por la acción de encefalinas, que llevan los mensajes para que las células de repuesto se activen, y a la producción de endorfinas que causan activación de receptores opiáceos en forma fisiológica; este último proceso, permite que se mejore el estado de ánimo, produce optimismo y facilidad para expresarse cuando el paciente termina su actividad en la piscina. El papel de la beta lipotrofina (de la familia de las endorfinas) consiste en remover grasa de los tejidos, lo cual favorece también su reparación. Esta se produce por estrés muscular durante el ejercicio intenso (4).

Respecto a las herramientas, se puede considerar, de acuerdo con los resultados obtenidos con los pacientes, que una sola no hace diferencia. Es importante utilizar varias de ellas para que su interrelación conduzca a una magnificación del efecto regenerador. Además, las más importantes son el ejercicio excéntrico y el ácido láctico, pero los resultados no se dan sin la influencia de algunas otras de las herramientas mencionadas.

Los pacientes que participaron en este estudio no tuvieron ningún tipo de selección previa, lo cual implica una gran

diversidad entre las diez herramientas de estudio. Lo importante, como se mencionó anteriormente, es que todos los pacientes tenían dolor al comenzar el tratamiento, expresan interés por seguir el tratamiento y realizan un cambio en la dieta. Después de haber practicado el tratamiento con una frecuencia semanal promedio de 3 veces, con una intensidad de 1 hora y una duración mínima de 3 meses, se ven cambios favorables, incluida una disminución del dolor y, por consiguiente, mejoramiento en la calidad de vida.

Además, es importante anotar que una vez obtienen una mejoría que les satisface, los pacientes afirman que van a continuar llevando un estilo de vida saludable, manteniendo la mejoría con prácticas de piscina realizadas por su propia cuenta. Existe evidencia de permanencia de la mejoría después del tratamiento a pesar de haberlo suspendido.

## Conclusión

La herramienta más importante fue el trabajo excéntrico. Este causa daño muscular, el cual produce factor de crecimiento muscular, que es a su vez factor de crecimiento del tejido nervioso y son insulinas que producen regeneración de dichos tejidos (14). Además, se podría afirmar que la toxicidad muscular de las estatinas por alteración enzimática podría estar implicada en la reparación del músculo vascular alterado y de las neuronas que tienen a su cargo el control de su actividad, como consecuencia de la producción de las placas del colesterol de las arterias.

Por otro lado, la herramienta endocannabinoides no fue utilizada entre las tres primeras en ningún paciente, pero es importante porque se produce durante el trabajo físico y continua presentándose con mayores valores cuando la relajación, la alimentación y los mecanismos de protección se optimizan por el ejercicio; también, se prolonga después del ejercicio durante los períodos de relajación, alimentación y protección que aparecen durante el sueño y la vida cotidiana. Además, existen receptores para los endocannabinoides en el sistema de protección más importante del cuerpo, como es el endotelio.

Así mismo, la herramienta de los endocannabinoides (los cuales no son neurotransmisores propiamente dichos sino que los producen las neuronas, por demanda y necesidad), participan en estados mentales de equilibrio y de funcionamiento afectivo-emocional, el cual permite una proyección amorosa que trasciende hacia las otras personas (11).

La interacción de múltiples herramientas acelera y da consistencia y duración a los resultados obtenidos por la

intervención en los pacientes. De esta manera, no es posible aislar una herramienta de otra, puesto que durante el ejercicio se presentan en forma simultánea y solamente es posible enfatizar alguna de ellas para conseguir resultados específicos en un área que se encuentre en regeneración. Al usar las herramientas, se obtienen resultados de regeneración en otros tejidos que no se esperaban conseguir y, a la vez, este cambio obtenido facilita que otras herramientas puedan actuar y conseguir el efecto que se quería en la reparación de una determinada lesión.

El ácido láctico puede ser observado en imágenes de resonancia magnética de tres teslas (no disponibles en el país) así como también se podría observar el sitio de localización del litio en el tejido dañado y de esta manera establecer relaciones

entre estas y otras variables observables simultáneamente, que podrían ser utilizadas para análisis y conclusiones que sobrepasarían a las logradas con este estudio (10).

### Conflictos de interés

Ninguno declarado por los autores.

### Financiación

Recursos propios.

### Agradecimientos

A los pacientes que participaron en el estudio.

## Referencias

- Fernández FJ, Hernández F, Argandoña L, Galindo MF, Segura T, Jordán J.** Farmacología de la neuroprotección en el ictus isquémico agudo. *Rev Neurol.* 2008;47:253-60.
- Gálvez JF, Téllez-Vargas J.** Carbonato de litio. En Tellez-Vargas J, Molinello H. (Eds), *Trastorno afectivo bipolar de la clínica a la neuroprotección*. Bogotá: Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas; 2008:173-230.
- Cui J, Shao L, Young LT, Wang JF.** The role of glutathione in neuroprotective effects of mood stabilizing drug lithium and valproate. *Neuroscience.* 2007;144:1447-53.
- Fernández JM, Acosta AM, Fernández VJ.** Hormonas y actividad física. En González J (Ed), *Fisiología de la Actividad física y del deporte*. Madrid: McGraw Hill; 1992:95-128.
- Myciek M, Harbey RA, Champe P.** *C Lippinott's Illustrated Reviews. Pharmacology.* 2nd ed. USA: Lippincott Company; 1997:130.
- Jazedje T, Perin PM, Czeresnia CE, Maluf M, Halpern S, Secco M, et al.** Trompa de Falopio humana: una nueva fuente de células madre mesenquimales adultas multi potenciales desechadas en los procedimientos quirúrgicos. *El hospital.* 2009;65:26.
- Kisner C, Colby LA.** *Ejercicio terapéutico: fundamentos y técnicas*. España: Paidotribo; 1996.
- Boning D, Hollnagel C, Boeacker A, Goke S.** Bohr shift by lactic acid and supply of O<sub>2</sub> to skeletal muscle. *Respiratory Physiology.* 1991;85:231-43.
- Triana M.** Primer consenso colombiano sobre el consumo de ácidos grasos omega 3 y enfermedad cardio-cerebrovascular. *Rev Colomb Cardiol.* 2004;11:13.
- Schurr A.** Lactate: the ultimate cerebra; oxidative energy substrate? *J Cereb Blood Flow Metab.* 2006;26:142-52.
- Feliciano JE, Mendivil CO, Sierra I.** Sistema endocanabinoide: modificando los factores de riesgo cardiovascular. *Rev. Fac. Med.* 2006;54:269-82.
- Sarmiento A.** Ejercicio físico en rehabilitación cardíaca. *Acta colombiana de medicina del deporte.* 2010;17:8.
- Ferreira AM, Noris-Suarez K, Bello A, Márquez AA, Feijoo JL, Lira-Olivares J.** Influencia de la piezoelectricidad del colágeno tipo 1 en la adhesión celular. *IFMBE Proceedings.* 2007;18:659-62.
- Mazza JC.** Ácido Láctico y Ejercicio (Parte II). *Actualización en Ciencia del Deporte.* 1997;5:9.
- Rivera CE, Pérez GE.** Estatinas y acv: conceptos actuales en prevención primaria y secundaria del ataque cerebral. La opinión del experto. *Rev. Fac. Med.* 2006;54:301-12.

**Anexo 1.**

**Paciente 1:** mejoría evidente después de tres meses del tratamiento de regeneración, ya que la paciente dejó de caminar con bastón; el volumen de sus rodillas disminuyó y dejó de tomar varios medicamentos. Su salud psicológica mejoró, ya que dejó de sentirse deprimida, mejoró su calidad de sueño y logró conseguir un buen empleo. Actualmente, la paciente posee un trabajo estable, que antes no tenía, y se encuentra activa con mínima limitación y enfermedad inactiva.

**Paciente 2:** la paciente puede mover bien las manos y las piernas; solo tiene dolor cuando realiza caminatas largas o mueve muy rápido las manos. Ha mejorado la coordinación de los músculos de la columna y se desplaza armónicamente en la natación subacuática. Actualmente, a pesar de su sedentarismo, conserva el bienestar alcanzado por el tratamiento.

**Paciente 3:** la paciente se siente mejor anímicamente, ya se arregla y tiene contacto con su hija. Se muestra tranquila y está buscando empleo.

**Paciente 4:** la paciente recibe más movilidad con cada tratamiento. En el fondo de la piscina se le facilita hacer el ejercicio y se defiende bien en el agua. Ha mostrado buenos resultados a pesar de no ser constante con el tratamiento. La disminución del dolor es notable. La paciente no regresó para continuar su tratamiento y persiste con un estado de exceso de respuesta inflamatoria.

**Paciente 5:** la paciente mejoró significativamente su postura y descontinuó el uso del bastón. Ahora tiene músculos fuertes que le permiten un buen desplazamiento en el agua.

Desapareció el dolor de la pierna y la cadera; ha perdido peso y necesita menos medicación para controlar su tensión y cifras de glicemia. Actualmente, no tiene síntomas de herniación discal, sus tensiones son ligeramente elevadas y su diabetes se encuentra compensada. Conserva la disminución de peso conseguida durante el tratamiento.

**Paciente 6:** se ha visto mejoría, pero la paciente aún no se encuentra adaptada al medio subacuático. Le falta tiempo de inmersión. Ha disminuido su dificultad para respirar cuando se encuentra en la piscina. Aunque la paciente no continuó asistiendo a la piscina y aumentó su limitación física, superó su preocupación y se encuentra optimista; actúa consecuentemente de acuerdo con el estado tranquilo y sosegado que consiguió con el tratamiento.

**Paciente 7:** el ejercicio en tierra resultó en una ligera mejoría del dolor. Sin embargo, 3 meses después de empezar el trabajo en piscina, el paciente obtuvo recuperación total. Actualmente, no presenta signos de daño de la articulación del hombro derecho. El paciente mejoró su capacidad para rotar el hombro, el cual utiliza para nadar el estilo mariposa.

**Paciente 8:** la paciente asistió al tratamiento 2 veces por semana, obteniendo 10 kilos de reducción de peso, recuperación completa de la funcionalidad, reducción del volumen de la rodilla y recuperación funcional completa del hombro derecho. Actualmente, sus cifras de tensión arterial son normales. La paciente conserva la movilidad de la rodilla adquirida durante el ejercicio. No cojea a pesar de que ha subido de peso y presenta dolor algunas veces, el cual desaparece con el ejercicio.