

Artículo original

## Variación de la temperatura intradiscal por efecto de la terapia térmica con radiofrecuencia. Estudio en cadáveres

Ramírez-León JF,\* Rugeles-Ortiz JG,\*\* Barreto-Perea JA,\*\*\* Alonso-Cuéllar GO\*\*\*\*

Centro Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión (CLEMI), Bogotá, Colombia

**RESUMEN. Introducción:** La discopatía es una de las causas más comunes del dolor lumbar. La nueva era de tratamientos para la degeneración discal implica el uso de tecnologías térmicas mínimamente invasivas, que permiten la remodelación del colágeno y la destrucción de nociceptores anulares. Sin embargo, es necesaria una mejor comprensión de la fisiopatología del tratamiento. El propósito de este estudio fue medir la variación de la temperatura intradiscal luego del procedimiento de termodiscoplastia. **Material y métodos:** Se tomó un espécimen de columna vertebral de cadáver humano, y se dividió en bloques formados por dos placas intervertebrales y un disco intacto. Se aplicó radiofrecuencia en cinco puntos y con tres intervalos de tiempo diferentes. Se midió la temperatura en cada una de las combinaciones. Las unidades se pesaron antes y después del tratamiento. Por último se expuso el disco y se midió el tensamiento alcanzado con cada aplicación de temperatura. Los datos se analizaron con el programa SPSS. **Resultados:** Se obtuvo una disminución del peso en promedio de 1.4 g (SD 0.599), con valores entre 0.5 y 2.6 gramos. Se encontraron tempera-

**ABSTRACT. Introduction:** Disc disease is one of the most common causes of lumbar pain. The new era of treatments for degenerative disc disease involves the use of minimally-invasive thermal technologies allowing for collagen remodeling and destruction of nociceptors in the annulus. However, a better understanding of the treatment pathophysiology is needed. The purpose of this study was to measure intradiscal temperature variation after thermodiscoplasty. **Material and methods:** A human cadaver spine specimen was obtained and divided into blocks, each composed of two intervertebral plates and an intact disc. Radiofrequency was applied at five spots with three different time intervals. Temperature was measured in each of the combinations. Units were weighed before and after treatment. Finally, the disc was exposed and the tightening achieved with each radiofrequency application was measured. Data were analyzed with the SPSS software. **Results:** The mean weight reduction obtained was 1.4 g on average (SD 0.599), with values between 0.5 and 2.6 grams. Mean temperature in the posterior rim of the annulus was 37.6 °C and mean temperature variation

### Nivel de evidencia: IV

\* Médico Ortopedista y Traumatólogo. Cirujano de Columna de Mínima Invasión. Director del Postgrado en Cirugía de Columna, Universidad El Bosque. Director Científico de Cirugía de Columna, Centro Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión CLEMI, Bogotá, Colombia.

\*\* Médico Ortopedista y Traumatólogo. Cirujano de Columna de Mínima Invasión. Coordinador del Postgrado en Cirugía de Columna, Universidad El Bosque. Coordinador Científico de Cirugía de Columna, CLEMI, Bogotá, Colombia.

\*\*\* Médico Ortopedista. Instructor de Cursos de Cirugía de Columna de Mínima Invasión, CLEMI. Cirujano de Columna, Fundación Valle de Lili, Cali, Colombia.

\*\*\*\* Médico Veterinario Zootecnista. Coordinador de Formación e Investigación, CLEMI. Instructor en Modelo Experimental de Cursos de Cirugía de Columna de Mínima Invasión, CLEMI, Bogotá, Colombia.

Centro Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión (CLEMI), Bogotá, Colombia.

Dirección para correspondencia:

Alonso-Cuéllar GO

E-mail: clemi@clemi.edu.co

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

turas medias de 37.6 °C en el reborde posterior del anillo y una variación de temperatura en promedio de 3.0 °C (SD 6.407). En promedio se logró un tensamiento de 1.4 mm para todos los bloques en conjunto. *Discusión:* Los resultados obtenidos muestran la efectividad de la termodiscoplastia con radiofrecuencia dentro de los parámetros de seguridad. Los valores de temperatura con radiofrecuencia fueron más bajos que los encontrados en estudios comparables. El peso y el tensamiento permiten verificar el efecto de encogimiento y deshidratación del disco; este reporte constituye una eficaz herramienta para definir parámetros de tiempos para la aplicación de la tecnología.

**Palabras clave:** columna, dolor, tratamiento de radiofrecuencia pulsada, cadáver, calor.

was 3.0 °C (SD 6.407). Mean tightening achieved in all blocks overall was 1.4 mm. *Discussion:* The results obtained show the effectiveness of radiofrequency thermodiscoplasty when performed within the safety parameters. Temperature values with radiofrequency were lower than those found in comparable studies. The weight and the tightening show the effect of disc shrinking and dehydration. This report is an effective tool to define time parameters for the application of this technology.

**Key words:** spine, pain, pulsed radiofrequency treatment, cadaver, hot temperature.

## Introducción

El dolor lumbar discogénico (DLD) es, en la actualidad, uno de los motivos de consulta más comunes en la práctica médica y una importante causa de discapacidad laboral.<sup>1,2</sup> En Colombia, las cifras presentadas en 2001<sup>3</sup> mostraron que en 1992 esta patología era la tercera causa de consulta en urgencias y la cuarta en medicina general, además de ser la primera causa de reubicación laboral y la segunda de invalidez. En 2006, el Ministerio de la Protección Social presentó el seguimiento de las enfermedades profesionales en Colombia, entre 2001 y 2005. El dolor lumbar y los trastornos del disco intervertebral se destacaron como los dos diagnósticos más frecuentes después del síndrome del túnel carpiano.<sup>4</sup>

A pesar de su impacto en la salud pública y del deterioro en la calidad de vida de los pacientes, la fisiopatología del DLD no está completamente comprendida.<sup>2</sup> Se considera que los cambios degenerativos que afectan a las estructuras que componen la zona intervertebral —las dos facetas articulares y el disco— producen el DLD. Esto ocasiona la necesidad de individualizar el tratamiento en cada caso y de ofrecer opciones que generalmente tienen una efectividad limitada con un alto impacto en la anatomía de la columna.<sup>5,6</sup> Entre las opciones de tratamiento quirúrgico, en la actualidad, están las técnicas convencionales como las discectomías abiertas con artrodesis, procedimientos que involucran una invasión importante y que tienen consecuencias irreversibles en las estructuras adyacentes al disco y en la movilidad del paciente.

Por lo anterior, la primera opción que se debe ofrecer a los pacientes son las alternativas conservadoras que puedan aplicarse solas o en conjunto, como: terapia física, analgésicos, soportes lumbosacros e incluso bloqueos epidurales. Agotadas las posibilidades no invasivas, el siguiente paso debería ser el uso de las alternativas quirúrgicas mínima-

mente invasivas, que le permitan al paciente un retorno rápido a su actividad cotidiana, con menores riesgos y complicaciones, mejor resultado estético y mayor costo-efectividad.<sup>5,6</sup> Estas alternativas incluyen terapias con calor o termodiscoplastia (TDP) con dispositivos tales como el láser, IDET (*Intra Discal Electrothermal Therapy*) y radiofrecuencia (RF), elementos que ya han demostrado beneficios, no sólo en el manejo de las enfermedades de la columna, sino en diversas áreas de la ortopedia.<sup>7,8</sup>

Se han propuesto varios efectos biológicos de la TDP. En primer lugar, debido a que el anillo discal es rico en colágeno, el calor produce un efecto de encogimiento (contracción) en las moléculas de colágeno; esto potencialmente puede disminuir la capacidad de la neovascularización y el crecimiento de nuevos nervios; asimismo, ayuda a sellar la fisura anular. En segunda instancia, las temperaturas elevadas generan un encogimiento del disco por el efecto de vaporización discal, con potencial de estabilización. Además, se ha propuesto que la RF, el láser y el IDET se usan para destruir nociceptores en el anillo; para tal fin las temperaturas deben aumentar un mínimo de 42 a 45 °C.<sup>9,10</sup>

Sin embargo, el cirujano de columna interesado en aplicar este tipo de tratamientos novedosos se encuentra con la inexistencia de evidencia que establezca las propiedades del tratamiento, ni una definición precisa de las variables técnicas que lleven a recomendaciones para un mayor aprovechamiento. Esto lleva al uso empírico y hasta anecdótico de estas tecnologías que ocasiona el desaprovechamiento de sus beneficios o en el peor de los casos, iatrogenias por el desconocimiento de las mismas.

El propósito de este estudio fue realizar mediciones cuantitativas en discos intervertebrales sometidos a termodiscoplastia, que permitan determinar la variación de la temperatura en el disco intervertebral y posteriormente

cuantificar el efecto del procedimiento sobre la estructura intradiscal, con el fin de obtener unos rangos de seguridad en el momento de implementar el tratamiento en pacientes.

### Material y métodos

Para el desarrollo de este estudio se utilizó un cadáver humano fresco congelado, sin antecedentes de patologías vertebrales, discales o procedimientos de columna. Se realizó una completa disección de la columna, en sus segmentos torácico y lumbar. Luego de retirar las estructuras musculares adyacentes se procedió a dividirla en unidades funcionales definidas como bloques compuestos por dos placas vertebrales y un disco intervertebral sano.

Estos bloques a su vez se disecaron, dejando intactos los discos intervertebrales, el ligamento longitudinal posterior y las placas vertebrales superior e inferior. Se retiraron las estructuras paralelas como la musculatura paravertebral, que impedía una medición precisa de algunas variables. Se excluyeron las unidades funcionales que presentaran disminución importante de su altura, fisuras o algún signo de deterioro o de enfermedad previa.

Estos bloques funcionales fueron sumergidos en solución salina normal con el fin de llevarlos a una temperatura intradiscal fisiológica comparable a las condiciones *in vivo*. Esta temperatura fue medida antes de realizar el tratamiento, con el fin de obtener un parámetro térmico inicial.

Una vez que los componentes estuvieron a temperatura y condiciones adecuadas, se realizaron tres tipos de mediciones bajo una estricta secuencia: 1) se obtuvo el peso inicial; 2) se realizó el tratamiento térmico y se anotaron las diferentes temperaturas obtenidas; 3) se obtuvo el peso final y 4) se disecaron los discos y se tomaron mediciones del tensamiento. A continuación se presenta a detalle la metodología de cada uno de estos pasos:

**Peso.** Cada bloque se pesó en una báscula digital (Figura 1). Los pesos inicial y final corresponden respectivamente al peso antes y después del tratamiento térmico.

**Terapia térmica.** Se colocó cada unidad funcional en un soporte que aseguró la posición durante los procedimientos y garantizó la precisión de los puntos escogidos. Estos puntos se definieron con las distancias medidas en el planeamiento. La medición de la temperatura se realizó mediante la utilización de dos termómetros especiales, denominados termocuplas (*traceable digital thermometer, microprobe stainless steel*) de 1.27 mm de diámetro. Se ubicó la primera termocupla (P1) en el reborde posterior del disco intervertebral para medir la variación de la temperatura durante la anuloplastia en el anillo fibroso posterior y en el borde anterior del saco dural (Figura 2). Esta termocupla estuvo allí durante toda la terapia térmica. La segunda termocupla (P2) se posicionó siempre a 5 mm de la punta de la fibra de radiofrecuencia, procurando medir la variación de la temperatura en la nucleoplastia (Figura 2).

Con el fin de realizar la TDP se utilizó una fibra de radiofrecuencia (Trigger Flex System, Elliquence LLC, NY), la

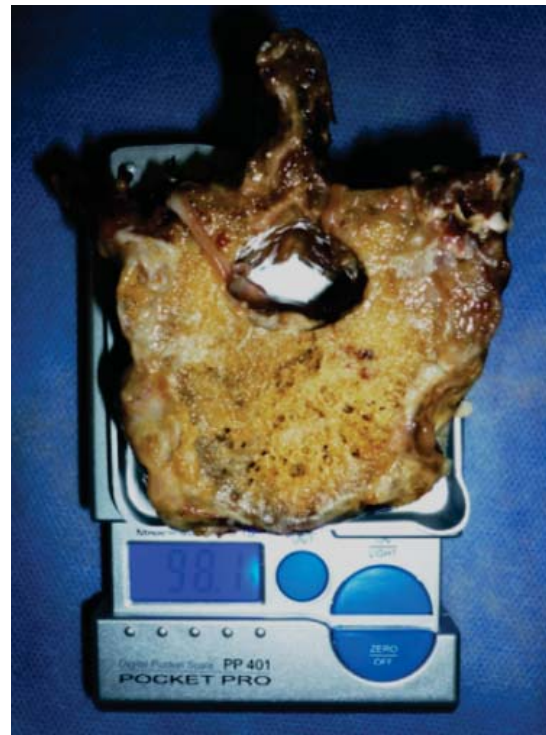


Figura 1. Procedimiento de medición del peso de los bloques.

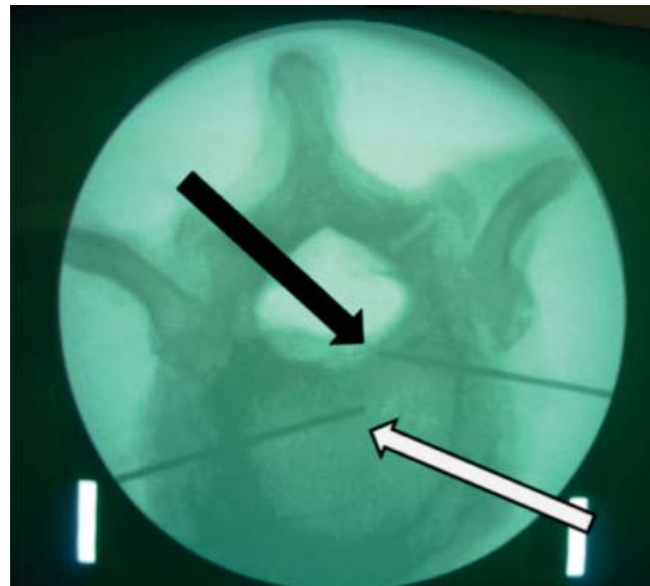


Figura 2. Vista radiográfica de la ubicación de las puntas de las termocuplas. La flecha negra indica la posición de la primera termocupla en el reborde posterior del disco intervertebral (P1). La flecha blanca muestra la posición de la segunda termocupla a 5 mm de la punta de la fibra de radiofrecuencia (P2).

cual se ubicó en diferentes posiciones del disco, verificando siempre su posición con un intensificador de imágenes (Philips BV 25 Mobile Image Intensifier) graduado a una potencia de 60 kV y 24 mA, por un intervalo de dos segundos en dos proyecciones (anteroposterior y lateral). La aplicación de



energía se hizo en dos modalidades dependiendo del sitio de colocación de la fibra, de acuerdo con las indicaciones del fabricante. En el núcleo pulposo se utilizó el modo turbo (58 W de potencia) y en el anillo fibroso el modo hemo (12 W de potencia). Estas modalidades están predeterminadas por el sistema Surgimax (Elliquance LLC, NY) que opera a una

frecuencia de 1.7 MHz. Para todas las mediciones se utilizó el nivel 25 de potencia estándar (*Figura 3*).

Una vez asegurada la punta de la fibra en el lugar determinado y verificada la posición de las termocuplas (*Figura 4*), se procedió a activar la energía de la radiofrecuencia. Las mediciones de temperatura se hicieron en los siguientes momentos después del inicio de la aplicación del tratamiento: 1 segundo (T1), 5 segundos (T2) y 10 segundos (T3). Estas mediciones se tomaron en cada uno de los puntos determinados y para ambas termocuplas.

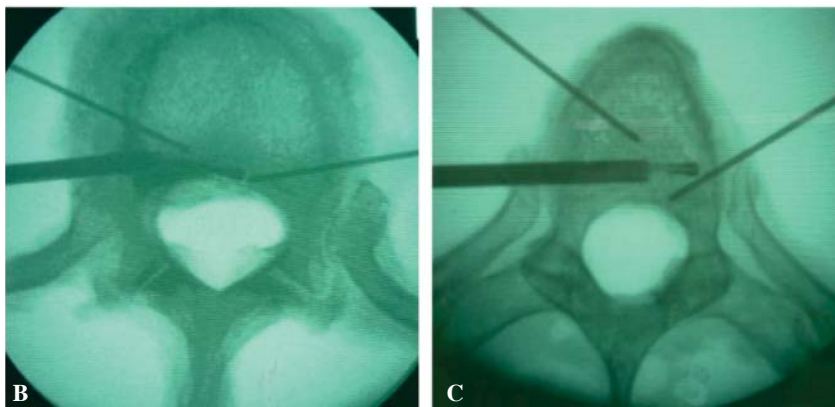
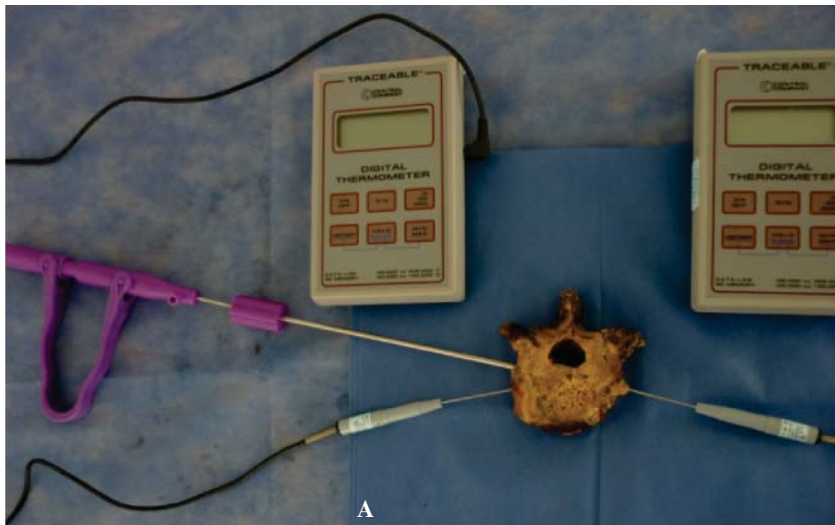
*Tensamiento.* Por último, se tomaron unos bloques diferentes a los de la medición de temperatura y se les practicó el mismo protocolo con la fibra de radiofrecuencia (TDP), pero sin insertar las termocuplas para evitar lesionar el disco. Posteriormente, se les retiró la placa vertebral superior, procurando dejar intacto el contenido discal, con el fin de medir la distancia en milímetros de la cantidad de disco tratado y determinar el tensamiento alcanzado, definido como el encogimiento en milímetros del tejido discal tratado con temperatura.

## Resultados

En total, se recuperaron del espécimen 17 bloques funcionales, constituidos por un disco intervertebral con sus



**Figura 3.** Surgimax con potencia graduada en 25 unidades.

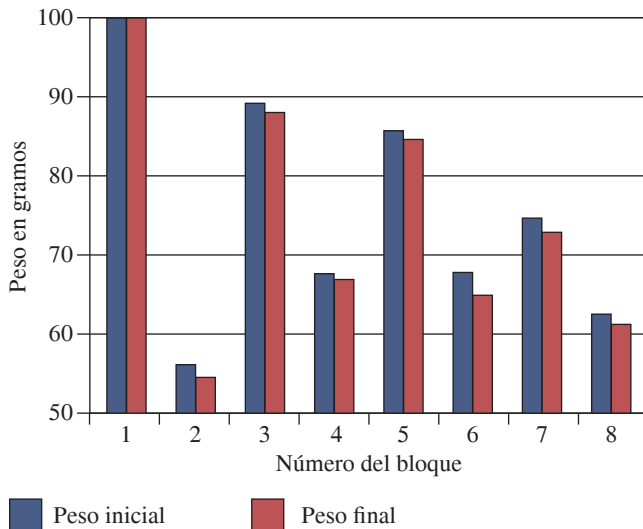


**Figura 4.**

Posición de las termocuplas y de la sonda de radiofrecuencia. **A:** vista externa. **B:** vista radiográfica de las termocuplas en el anillo (anuloplastia). **C:** vista radiográfica de la segunda termocupla en el núcleo (nucleoplastia).

placas vertebrales superior e inferior. Se descartaron cuatro bloques: tres debido a que sus discos intervertebrales se encontraron con una pérdida significativa de altura y uno por tener una ruptura del anillo fibroso externo. De los bloques restantes, ocho se utilizaron para la medición de peso y temperatura y cinco para la medición del tensamiento.

**Peso.** El peso inicial promedio de los bloques fue de 75.3 g (desviación estándar [SD] 15.036) y el peso final fue de 73.9 g (SD 15.359). Todos los bloques disminuyeron de peso al final del tratamiento; la disminución promedio del



**Figura 5.** Comparación de los pesos iniciales y finales en cada uno de los bloques funcionales.

peso para todos los bloques en conjunto fue de 1.4 g (SD 0.599) con valores entre 0.5 g y 2.6 g (Figura 5).

**Temperatura.** La temperatura inicial (T0) obtenida previa al tratamiento térmico fue en promedio para el reborde posterior del anillo (P1) de 36.5 °C (SD 1.521) y para el conjunto de las posiciones auxiliares (P2) fue de 36.5 °C (SD 2.111), alcanzando de esta manera una temperatura en ambas posiciones muy cercana a los valores fisiológicos de 37 °C. Se hallaron temperaturas de 37.6 °C en promedio, en el conjunto de mediciones realizadas en el reborde posterior del anillo. El resumen estadístico de las temperaturas obtenidas después de la TDP en los tres tiempos para el conjunto de posiciones y bloques se detalla en la *tabla 1*.

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede obtener la variación de la temperatura en grados centígrados, dependiente de la aplicación de la energía de radiofrecuencia durante los diferentes lapsos, resultado de la diferencia entre las temperaturas durante la aplicación del tratamiento (T1, T2 y T3) y la temperatura inicial (T0). De esta manera, se encontró una variación de temperatura en promedio de 3.0 °C (SD 6.407) para todos los tratamientos en conjunto. En la *tabla 2* se reportan los valores promedio obtenidos en cada tiempo y para cada posición.

**Tensamiento.** Los valores promedio del tensamiento alcanzado, luego de la terapia térmica, fueron de 0.6 mm para T1 (SD 0.151; con valores entre 0.4 y 0.8 mm), de 1.3 mm para T2 (SD 0.230; con valores entre 1.0 y 1.6 mm) y de 2.2 mm para T3 (SD 0.164; con valores entre 2.0 y 2.4 mm). Para la totalidad de tratamiento se obtuvo en promedio un tensamiento de 1.4 mm.

**Tabla 1.** Estadígrafos descriptivos de las temperaturas obtenidas para el conjunto de bloques en las diferentes posiciones de la fibra de radiofrecuencia.

Estadígrafo	T1		T2		T3	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Media	36.7	39.4	37.5	41.5	37.6	44.1
Mediana	36.9	38.1	37.0	39.2	36.6	41.0
SD	1.235	5.812	2.829	7.123	4.807	8.593
CV	0.03	0.15	0.08	0.17	0.13	0.19
Mínimo	33.6	31.3	34.8	32.9	33.6	33.0
Máximo	38.6	62.6	49.5	63.3	60.9	76.1

T1 = 1 segundo; T2 = 5 segundos; T3 = 10 segundos; P1 = borde del anillo; P2 = núcleo; SD = desviación estándar; CV = coeficiente de variación.

www.medigraphic.org.mx

**Tabla 2.** Promedios y desviaciones estándar de la variación de temperatura en los diferentes tiempos y posiciones.

Estadígrafo	T1		T2		T3	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Media	0.20	2.90	1.05	4.99	1.15	7.61
SD	1.192	6.628	2.956	7.312	5.193	8.757

T1 = 1 segundo; T2 = 5 segundos; T3 = 10 segundos; P1 = borde del anillo; P2 = núcleo; SD = desviación estándar.

## Discusión

El uso de terapias térmicas para el manejo de los problemas degenerativos discales cada día va en aumento. Sus claros beneficios (bajo índice de complicaciones y costos más asequibles) hacen que estos procedimientos sean atractivos para el complejo paciente/médico tratante/sistema de salud.<sup>5,9,10,11,12,13,14</sup> La modulación térmica en el complejo intradiscal (anillo y núcleo) tiene dos efectos potenciales: la destrucción e inhibición de la génesis de fibras nerviosas anulares y la evaporización del núcleo por el efecto de tensamiento, lo que ocasiona una disminución en el volumen y presión intradiscal.<sup>10,15</sup>

No obstante, el limitado conocimiento de las temperaturas alcanzadas en el disco y de la variación en grados centígrados ocasionado por la aplicación de la terapia hace que el tiempo que se aplica la energía esté basado en la experiencia del cirujano y no en parámetros objetivos establecidos cuantitativamente. El conocimiento de los valores exactos de los fenómenos físicos implicados hace que una técnica sea más segura, reproducible y efectiva.

Este estudio presenta los resultados de la variación de la temperatura en diferentes puntos de la anatomía intradiscal, al aplicar la terapia térmica basada en la energía de la radiofrecuencia en períodos de tiempo consecutivos.

Estudios relacionados han reportado resultados similares. A propósito, Hellinger<sup>16,17</sup> encontró que aun con intervalos de hasta 30 segundos la temperatura alcanzada no fue mayor de 40 °C en el disco y no fue crítica en la zona cercana al saco dural. De igual manera, Houpt<sup>18</sup> reportó que cuando se aplica la radiofrecuencia con su punta a 70 °C, a distancias mayores de 11 mm, no se obtienen temperaturas superiores a 42 °C. Estos datos son comparables con los resultados reportados en este estudio; con un intervalo de 10 segundos, en la zona cercana al saco dural se obtuvo una temperatura promedio de 37.6 °C y a 5 mm de la punta de la radiofrecuencia la temperatura fue de 44 °C.

Con respecto a los estudios realizados con otras tecnologías pero bajo el mismo principio de la TDP, aunque no son comparables, es preciso mencionar los parámetros encontrados. Para el caso del IDET, Bono y colaboradores reportaron temperaturas de hasta 65 °C tomadas a 2 mm de la fibra en 36% de los especímenes y de 42 °C en 100%.<sup>19</sup> A su vez, Kleinstueck<sup>20</sup> reportó valores máximos de 64 °C a 1 mm de la punta del dispositivo. Por su parte, Ramírez y Rugeles presentaron en su trabajo, con láser, temperaturas máximas de 153 °C en 155 segundos, afectando el canal medular en un tiempo de 107 segundos y en promedio de 49 °C a 48 segundos y a una distancia de 15 mm.<sup>21,22</sup> En nuestro estudio la temperatura máxima alcanzada a 10 segundos en P1 fue de 60.9 °C, valor que está dentro de los rangos de seguridad y se encuentra entre los más bajos comparado con otras tecnologías.

Es interesante en este punto analizar los resultados de la variación de la temperatura. Según lo encontrado, ésta fue máxima a 10 segundos (T3) y en la posición más cercana de

la punta de la fibra (P2), arrojando una variación promedio de 7.6 °C y una máxima en la misma posición y tiempo de 26.5 °C. Este valor máximo está relacionado quizás con la cercanía con la fibra y con el hecho de no contar con irrigación, como se hace en la técnica original (factor que teóricamente regula la temperatura). A pesar de este resultado, se puede decir que en promedio la variación de temperatura se encuentra dentro de los márgenes de seguridad y efectividad, ya que si tenemos una temperatura fisiológica de 37 °C y le sumamos los ocho grados de variación, obtendríamos una temperatura teórica final de 45 °C luego de aplicar la radiofrecuencia durante 10 segundos; este valor estaría por encima del valor de efectividad 42 °C,<sup>9,10</sup> pero por debajo de los 60 °C alcanzados con otras tecnologías de terapia térmica intradiscal.<sup>20,21,22</sup>

En el conocimiento de los autores, por primera vez en un estudio se hace la medición del peso del disco tratado con calor a través de un abordaje mínimamente invasivo. La constante reducción del peso en los discos tratados aporta más pruebas al hecho de que las técnicas percutáneas no sólo logran una denervación por el efecto térmico, sino también una ablación y evaporización del tejido discal degenerado. Además, hace más comparable la técnica a una abierta, pues se introduce una variable manejada en cirugías de este tipo, como es la cantidad en gramos de disco resecado. Conocer estos valores le da una herramienta más al cirujano para saber el número de disparos y el tiempo requerido para el manejo de los problemas discales.

Al igual que el peso, el fenómeno de tensamiento es una variable que no se había reportado en estudios previos. Se encontró de manera concreta la cantidad de disco que se puede encoger según la cantidad de tiempo que se deja expuesto al tratamiento. La utilidad práctica del conocimiento del efecto de tensamiento se podría aplicar a la observación y análisis de las imágenes de resonancia magnética nuclear previas a la cirugía. Así, podemos decir cuánto tiempo necesitamos en determinado sitio para reducir el abombamiento o la hernia discal; eso sí, siempre teniendo en cuenta los valores de temperatura máximos. Por lo tanto, estos valores estimados de tensamiento por unidad de tiempo formulan recomendaciones para el número de disparos y la aplicación de calor según el tipo de patología de cada paciente.

Entre las limitaciones de este estudio se encuentran: 1) el hecho de contar con un solo espécimen, lo cual hace que la muestra no sea la ideal; 2) la normalización del espécimen, pues no se pudo tener desde un mismo punto de inicio todos los discos tratados para unas condiciones más uniformes, sin embargo, se consiguió un promedio de temperatura inicial cercano a la realidad (36.5 °C); 3) la utilización de sólo dos termocuplas para la medición simultánea de todos los puntos escogidos.

Sería interesante realizar en un nuevo estudio una comparación precisa de dos grupos, con y sin irrigación, para ver su real utilidad y su definitiva recomendación estándar en todos los procedimientos de este tipo.

Pese a sus limitaciones, este estudio abre nuevas expectativas sobre las terapias intradiscales con radiofrecuencia, pues muestra valores concretos de algunos parámetros que antes se manejaban de manera empírica, haciendo más seguro para el paciente y el médico el uso de estas técnicas. Es así que se obtuvieron valores seguros de temperatura en el reborde posterior del anillo, independiente del sitio y del tiempo de aplicación del calor, demostrando la seguridad de la técnica.

### Bibliografía

1. Ehrlich GE: Low back pain. *Bull World Health Organ.* 2003; 81: 671-676.
2. Wheeler AH, Murrey DB: Chronic lumbar spine and radicular pain: pathophysiology and treatment. *Curr Pain Headache Rep.* 2002; 6(2): 97-105.
3. Ochoa-Amaya G: Dolor lumbar: una re-evaluación de conceptos. Bucaramanga, Colombia: Actas del Simposio de Conceptos Actuales de Dolor; 2001.
4. Ministerio de la Protección Social: Guía de atención integral basada en la evidencia para dolor lumbar inespecífico y enfermedad discal relacionados con la manipulación manual de cargas y otros factores de riesgo en el lugar de trabajo. Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2006.
5. Ramírez JF, Rugeles JG, Prada N, Martínez C, Ramírez C, Alonso GO: Tratamiento quirúrgico de la columna vertebral. Actas del 1er Programa Latinoamericano Multidisciplinario de Transferencia de Conocimientos en Dolor Musculoesquelético; Abril de 2012. México D.F.: Halloran RP; 2012.
6. Pauza K: Cadaveric intervertebral disc temperature. Mapping during disc biacuplasty. *Pain Physician.* 2008; 11(6): 922.
7. Hayashi K, Massa KL, Thabit G 3rd, Fanton GS, Dillingham MF, Gilchrist KW, Markel MD: Histologic evaluation of the glenohumeral joint capsule after the laser-assisted capsular shift procedure for glenohumeral instability. *Am J Sports Med.* 1999; 27(2): 162-7.
8. Obrzut SL, Hecht P, Hayashi K, Fanton GS, Thabit G 3rd, Markel MD: The effect of radiofrequency energy on the length and temperature properties of the glenohumeral joint capsule. *Arthroscopy.* 1998; 14: 395-400.
9. Welch WC, Gerszten PC: Alternative strategies for lumbar discectomy: intradiscal electrotherapy and nucleoplasty. *Neurosurg Focus.* 2002; 13(2): E7.
10. Ramírez JF, Ramírez C, Alonso GO: Tratamiento del dolor lumbar de origen discal y facetario con cirugía de mínima invasión. En: Ramírez JF (editor). Dolor lumbar desde la perspectiva del clínico a las imágenes diagnósticas. 1ra. ed. Bogotá: Fundación Universitaria Unisanitas; 2010: pp. 31-54.
11. Yeung AT, Morrison PC, Felts MS, Carter JL: Intradiscal thermal therapy for discogenic low back pain. En: Savitz MH, Chiu J, Yeung AT, editores. The practice of minimally invasive spinal technique. 1a ed. New York: AAMISMS Education, LLC; 2000: pp. 237-42.
12. Welch W, Gerszen P: Alternative strategies for lumbar discectomy: intradiscal electrotherapy and nucleoplasty. *Neurosurg Focus.* 2002; 13(2): 7.
13. Wetzel T, McNally T, Phillips F: Intradiscal electrothermal therapy used to manage chronic discogenic low back pain. New directions and interventions. *Spine.* 2002; 27: 2621-6.
14. Chen Y, Derby R, Lee S: Percutaneous disc decompression in the management of chronic low back pain. *Orthop Clin North Am.* 2004; 35: 17-23.
15. Bass E: Intradiscal thermal therapy does not stimulate biologic remodeling in an *in vivo* sheep model. *Spine.* 2006; 31: 139-45.
16. Hellinger S: Disc FX-a new combination procedure for disc surgery. Conferencia presentada en el I Congreso de la ISMISS. 5 de abril de 2008; Turquía.
17. Feldman A, Hellinger S: Disc-FX nonendoscopic radiofrequency disc ablation/decompression/nucleotomy: First experiences. *The Internet Journal of Minimally Invasive Spinal Technology.* 2007; 1(1):19.
18. Houpt JC, Conner ES, McFarland EW: Experimental study of temperature distributions and thermal transport during radiofrequency current therapy of the intervertebral disc. *Spine.* 1996; 21: 1808-12.
19. Bono CM, Iki K, Jalota A, Dawson K, Garfin SR: Temperatures within the lumbar disc and endplates during intradiscal electrothermal therapy: formulation of a predictive temperature map in relation to distance from the catheter. *Spine.* 2004; 29: 1124-9.
20. Kleinstueck FS, Diederich CJ, Nau WH, Puttlitz CM, Smith JA, Bradford DS, et al. Temperature and thermal dose distributions during intradiscal electrothermal therapy in the cadaveric lumbar spine. *Spine.* 2003; 28: 1700-8.
21. Ramírez JF, Rugeles JG: Discólisis percutánea endoscópica lumbar con Holmium YAG Laser. Experiencia de 4 años. *Rev Col Or Tra.* 2001; 15: 57-62.
22. Rugeles JG: Principios básicos del láser y la radiofrecuencia. Conferencia presentada en el I Curso de Abordajes Percutáneos de Columna Cervical, Torácica y Lumbar; Junio de 2008. Cáceres, España: Centro de Cirugía de Mínima Invasión; 2008.