

## Análisis de la estabilización segmentaria L2-L5, en espécimen porcino con cerclaje interespinoso, empleando cinturones de poliamida 6/6

Alejandro González Rebatú-González<sup>1\*</sup>, Angélica de La Cruz-García<sup>2</sup>, Marina Sánchez-Bandala<sup>3</sup>, Joseph Antuan Lacayo-Simón<sup>4</sup> y Alfonso Beltrán-Fernández<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Regional 1.º de Octubre, ISSSTE; <sup>2</sup>Servicio de Cirugía de Columna, U.M.A.E. Dr. Victorio de la Fuente Narváez, IMSS; <sup>3</sup>Servicio de Ortopedia, Hospital Regional 1.º de Octubre, ISSSTE; <sup>4</sup> Servicio de Ortopedia, ISSSTE, ESM IPN; <sup>5</sup>Ingeniería Mecánica, ESIME, IPN. Ciudad de México, México

### Resumen

**Introducción:** En el presente trabajo se evaluó el problema de artrosis facetaria en la región lumbar enfocada a pacientes mexicanos empleando cinturones de poliamida 6/6 para la estabilización del segmento L2-L5. **Objetivos:** Obtener el comportamiento biomecánico de vértebras lumbares instrumentadas mediante cinturones de poliamida 6/6, sometidos a cargas de distracción, flexión-compresión, flexión y fatiga para estudiar el efecto de la artrosis facetaria. **Material y métodos:** Como una primera etapa de esta investigación se emplearon especímenes porcinos de L1-L5 frescos, y conservando el ligamento interespinoso, supraespinoso y el disco intervertebral. La evaluación experimental consistió en ensayar mecánicamente los especímenes bajo condiciones de carga de tracción, flexo-compresión, flexión y fatiga. Se desarrollaron en las máquinas de ensayos universal siguientes: máquina de ensayos universal de la marca MTS 858 Cap. 5 Ton, máquina de ensayos universal INSTRON 8502 Cap. de 250 KN, máquina de ensayos universal-prensa servomecánica Shimadzu, con Cap. de 100 KN, máquina universal de ensayos (manual) MECMESIN y un dinamómetro de la marca Rebüre empleado en el ensayo de flexión de los especímenes porcinos. **Resultados y conclusiones:** Los resultados evalúan una disminución de movilidad en el segmento porcino de L1-L5 con el cinturón de poliamida, de un 36.84% de pérdida, presentando una disminución de ángulo en L1 a flexión anterior de 2.78° que representa un 11.49% en comparación con especímenes porcinos evaluados a flexión anterior sin la colocación de cinturón de poliamida 6/6. Finalmente se realiza el modelo en 3D del espécimen porcino L1-L5 conservando los ligamentos y los discos, aunado a ello el arreglo con el cinturón de poliamida 6/6, colocado entre las apófisis espinosas de L2-L4. Quedando pendiente como evaluaciones futuras y un trabajo de investigación futuro.

**Palabras clave:** Cinturones. Poliamida. Estabilización. Segmentaria. Cerclaje interespinoso.

### Analysis of L2-L5 segmental stabilization in porcine specimen with interspinous cerclage, using 6/6 polyamide belts

### Abstract

**Introduction:** This work evaluated the problem of facet arthrosis in the lumbar region focused on Mexican patients using polyamide 6/6 belts for the stabilization of the L2-L5 segment. **Objectives:** Obtaining biomechanical behavior of lumbar vertebrae instrumented by 6/6 polyamide belts, distraction loads, flexion-compression, flexion and fatigue, to study the effect

### Correspondencia:

\*Alejandro González Rebatú-González

E-mail: tyo.rebattu@gmail.com,

alexrebattu@hotmail.com

Fecha de recepción: 04-12-2017

Fecha de aceptación: 10-06-2018

Disponible en internet: 05-11-2019

Rev Esp Méd Quir. 2018;23:161-6

www.remq-issste.com

1665-7330/© 2018 Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas. Publicado por Permanyer México SA de CV. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

of facet osteoarthritis. **Material and methods:** As a first stage of this investigation, fresh L1-L5 porcine specimens were used, conserving the interspinous, supraspinatus ligament and intervertebral disc. The experimental evaluation consisted of mechanically testing the specimens under conditions of tensile load, flexo-compression, flexion and fatigue. This was developed by using the following universal testing machines: MTS 858 (5 Tons capacity) universal testing machine; INSTRON 8502 (250 KN) universal testing machine; Shimadzu universal servo-mechanical testing machine (100 KN); universal testing machine (manual) and a dynamometer of same brand. Used in the flexural test of pig specimens. **Results and conclusions:** The results evaluate a decrease in mobility of a 36.84% loss in the porcine segment of L1-L5 with the polyamide belt, as an angle presentation in L1 an anterior flexion of 2.78° which represents 11.49% compared to porcine specimens evaluated by an anterior flexion without the placement of the 6/6 polyamide belt. Finally, the 3D model of the porcine specimen L1-L5 was performed, preserving the ligaments and discs, combined with the 6/6 polyamide belt, placed between the spinous processes of L2-L4. They are pending as future evaluations and future research work.

**Key words:** Belts. Polyamide. Stabilization. Segmental interspinous cerclage.

## Objetivos

Obtener el comportamiento biomecánico de vértebras lumbares instrumentadas mediante cinturones de poliamida 6/6, sometidos a cargas de distracción, flexión-compresión, flexión y fatiga, para estudiar el efecto de la artrosis facetaria.

Estudiar el impacto de los cinturones de poliamida 6/6 en sustitución del uso de sistemas de fijación rígidos o semirrígidos, como tornillos y barras, actualmente los espaciadores interespinosos; se reemplearon métodos analíticos, numéricos y experimentales de este trabajo, en términos de desplazamientos y orientación de los esfuerzos principales en las zonas como las facetas, espacios intervertebrales y apófisis espinosas, y con ello establecer la zona óptima de instrumentación en el paciente humano con los cinturones de poliamida.

## Justificación

En la literatura mundialmente aceptada no hay ningún estudio que se relacione como investigación con cinturones de poliamida en la columna vertebral. Por tal motivo se considera este trabajo como innovador de la técnica desarrollada en el Hospital Regional 1.º de Octubre en el Módulo de Columna, donde surgió la inquietud del Dr. Alejandro González Rebatú y González, como creador intelectual del proyecto, y asesor médico de este, y el Instituto Politécnico Nacional en el área de ingeniería mecánica. Hasta la fecha no se ha utilizado la poliamida 6/6 como material de sujeción, se tiene información del material de poliamida 6/6, el cual es aceptado por el cuerpo humano sin presentar rechazos, en sondas, catéteres e incluso válvulas, así

como de su uso en cirugías veterinarias. Se han usado diferentes materiales como es el poliéster, sin embargo su forma de fijarlo o de amarrarlo se ha vuelto un problema, ya que presenta aflojamiento como una de las propiedades del mismo material. La finalidad de este estudio fue analizar el comportamiento de las vértebras con una sujeción con cinturón de poliamida 6/6 con hebilla de sujeción, y valorar los comportamientos que se pueden presentar en las diferentes sollicitaciones, principalmente en flexión y extensión.

## Introducción

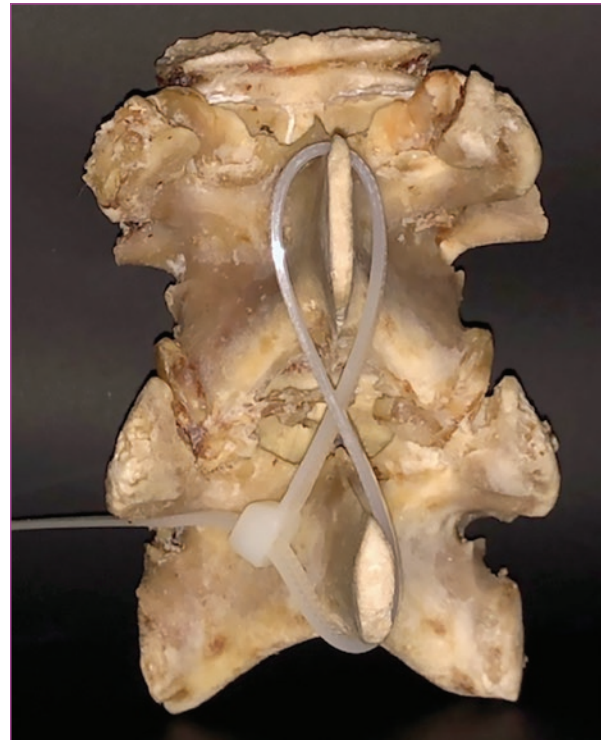
Aunque se ha atribuido a cualquier alteración en los discos como principal causa de la lumbalgia, actualmente la inestabilidad de un segmento en conjunto con la artrosis facetaria es una de las causas más comunes productoras de dolor lumbar. El mecanismo del dolor en la artrosis lumbar es común al de otros padecimientos de esta región. Lo que varía es la gran cantidad de estímulos que pueden excitar los receptores dolorosos, es decir, la mayoría de las estructuras lumbosacras que están dentro del cuadro, como pueden ser la membrana sinovial de la articulaciones, la masa muscular contracturada, los ligamentos que resultan elongados o comprimidos, el anillo fibroso en sus láminas más externas y los mismos cuerpos vertebrales en el caso de lesiones intraesponjosas, cualquier alteración que afecte los estímulos del ramo posterior sinovertebral de Luschka.

Este trabajo e investigación propone un modo de estabilización segmentaria en la región lumbar por medio de cinturones plásticos de poliamida 6/6, el cual servirá como cerclaje entre las apófisis interespinosas. Este estudio se realizó en especímenes lumbares porcinos de L1-L5.

La artrosis facetaria comprende toda una serie de alteraciones del conjunto vertebral<sup>1</sup>, cuyo resultado final es la degeneración del segmento móvil vertebral<sup>2</sup>. La espondilólisis, la degeneración discal, discartrosis, osteofitos vertebrales, artrosis interapofisiaria, entre otras, son términos que de manera diversa designan parte del cuadro general de la lumboartrosis. Existen factores que ejercen cierta influencia sobre la aparición de las artrosis. La hay generales y locales<sup>2</sup>. Entre los factores generales, la edad es el más importante sobre el aspecto metabólico, endocrino o genético, por citar algunos; y por la parte local, pueden enumerarse los mecánicos, traumáticos, infecciosos y vasculares. Hoy en día existen numerosos sistemas y/o técnicas empleadas para atender este padecimiento.

En 1911 Goldthwait<sup>3</sup>, sugirió que la posición anómala de las articulaciones facetarias podría ser una causa de dolor lumbar bajo, pero hasta 1933 (Ghormley)<sup>4</sup> no se introdujo el término de «síndrome facetario» para describir los síntomas asociados con la degeneración facetaria. En 1963 Hirsch<sup>5</sup> reprodujo dolor lumbar mediante inyecciones facetarias de solución salina hipertónica en voluntarios sanos, y su prevención con anestésicos locales aplicados previamente<sup>6,7</sup>.

Boleaga<sup>8</sup> obtuvo resultados que ratifican la sensibilidad y especificidad diagnóstica de la resonancia magnética, en el estudio de los procesos patológicos productores de la lumbalgia; donde demuestra que en el 99.9% de los casos analizados, la enfermedad articular degenerativa facetaria contribuye al cuadro doloroso como factor etiológico, único o asociado a otras causas de lumbalgia, como la hernia de disco, con o sin irradiación hacia las extremidades inferiores. Todo aquello que afecte la unidad funcional vertebral (cuerpo-disco-cuerpo). Para cuando el daño es mayor se han propuesto diferentes tipos de tratamiento quirúrgico, los cuales pueden ser la artrodesis posterior con instrumentación lumbar con tornillos transpediculares, y sus diferentes variantes como son TLIF, PLIF, ALIF. También se han manejado los amarres interespinosos con ligamentos sintéticos de poliésteres, y actualmente está de moda la colocación de espaciadores interespinosos, los cuales pueden ser rígidos o dinámicos, lo que nos va a dar un grado de movilidad para la flexión y extensión. Debido a las referencias previas se da a conocer una alternativa experimental de sujeción para la estabilización segmentaria lumbar, para la disminución de la artrosis facetaria empleando cinturones de poliamida 6/6.



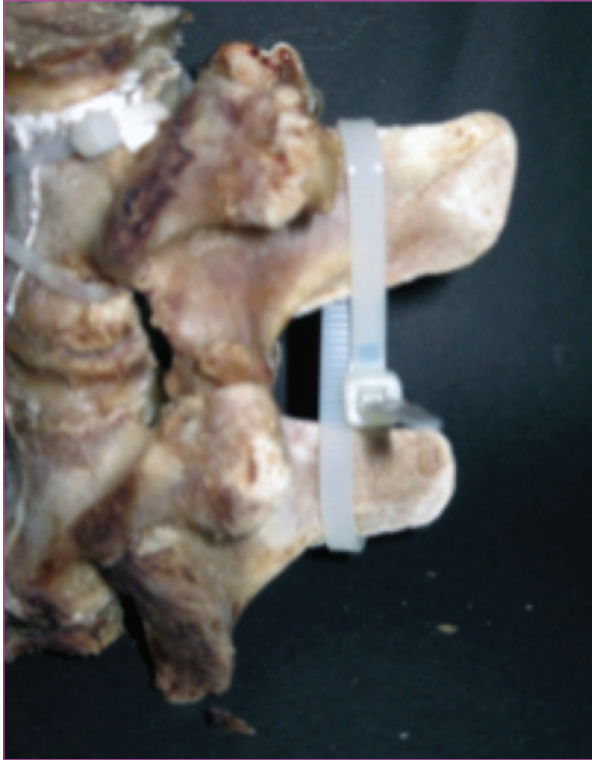
**Figura 1.** Amarre en 8 (frontal).

## Metodología de ensayo

Para los ensayos efectuados en este trabajo se utilizó una máquina universal, marca MTS 858 con capacidad de carga de 5 ton. Se ensayaron tres especímenes lumbares porcinos de la región de L1-L5, provenientes de cerdos jóvenes de seis meses de edad. En todos los casos se removió el periostio dejando intacto los ligamentos interespinosos y supraespinosos, además se requirió hacer un tipo de ensayo a tracción de los cinturones de poliamida 6/6 para determinar su capacidad de carga en los casos que más adelante se detallan. Los cinturones de poliamida 6/6 se colocaron a través del ligamento interespinoso rodeando las apófisis espinosas, entre el tercio medio con tercio proximal al ligamento amarillo, ajustando el cinturón al máximo para poder dar una estabilidad y rigidez del segmento.

## Ensayo a tracción del espécimen 1

Se realiza un ensayo a tracción de un espécimen fijado con cinturón de poliamida 6/6, entre las vértebras L2-L5, colocado en forma de 8 (Fig. 1) para determinar su capacidad de carga con todas las partes

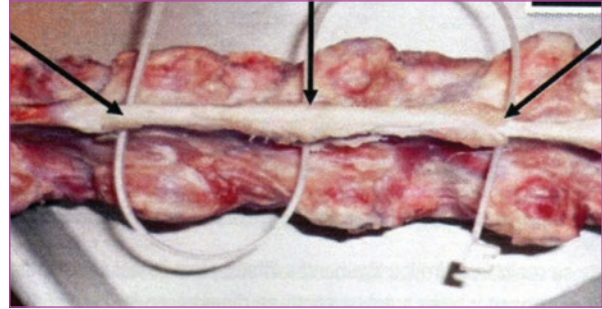


**Figura 2.** Amarre en 8 (lateral).

que compone el segmento móvil vertebral (disco intervertebral, apófisis articulares, apófisis espinosas, ligamento supraespinoso e interespinoso, cuerpo vertebral). La temperatura al realizar el ensayo es de 22 °C, con un 61% de humedad (Figs. 1 y 2). El segmento tenía la altura de 19 cm antes de realizar el ensayo. El espécimen se montó en dos copas de aluminio donde se vertió yeso piedra empleado en el área de ortodoncia, este material sirvió para mantener fijo el segmento lumbar al llevar a cabo el ensayo a tracción con el fin de asegurarlo a las copas de aluminio. La velocidad de carga que se propuso para realizar el ensayo fue de 5 mm/min.

### Ensayo a flexión de especímenes 2 y 3

Para este caso se emplearon dos especímenes lumbares porcinos, previamente limpios y conservando los ligamentos supraespinosos e interespinosos. A ambos se les fijó con el collarín de poliamida 6/6 en forma de 8 entre las apófisis espinosas de L2-L5. la temperatura al realizar el ensayo era de 23 °C y un 58% de humedad (Fig. 3). Para este ensayo se realizó un plato especial de aluminio con una inclinación de



**Figura 3.** Amarre en 8 (columna de cerdo).

10°, para ser colocado en la copa superior, con el propósito de reproducir la curvatura normal de la columna humana, fijados con yeso, la velocidad de aplicación de la carga se fijó en 5 mm/min.

### Ensayo de tracción de los cinturones de poliamida 6/6

En este ensayo se usaron los cinturones de poliamida 6/6 con las dimensiones mostradas en la figura. Los cuales son de 280 mm, por 4.191 mm y 0.813 mm. Se efectuaron 12 ensayos de tracción con el objetivo de evaluar la resistencia del cinturón. El cinturón fue analizado de dos formas, la primera en su longitud continua, que comprende la sujeción sobre las vértebras, y la segunda evaluación en la parte de la unión. Los ensayos se realizaron a una temperatura de 25 °C con un 68% de humedad en el ambiente. Las muestras se tomaron según la Norma ASTM D638-03 y la velocidad de aplicación de la carga fue de 5 mm/min según esta misma norma. Se evaluaron seis cinturones para la parte de sujeción del segmento vertebral y seis más para la sujeción del cinturón.

De acuerdo con los datos proporcionados en catálogo, los cinturones de poliamida tienen una resistencia máxima a tensión de 227 N. En la tabla 1 se dan a conocer los resultados obtenidos para el caso de la longitud que comprende la sujeción del segmento.

Los resultados mostrados en la tabla 2 comprenden los valores obtenidos al evaluar la unión del cinturón. Esta prueba se realizó a una temperatura de 25 °C con un 56% de humedad en el ambiente.

### Resultados

Todos los especímenes evaluados fueron fijados por medio de cinturones de poliamida 6/6 en la misma



**Tabla 1.** Ensayo a tracción del cinturón

Ensayo	V. del ensayo mm/min	D' inicial entre mordazas mm	D' final entre mordazas mm	D' última entre mordazas mm	F máx (N)	F máx (N)
1	50	115.00	9.33	9.67	112.27	108.82
2	50	115.00	11.42	11.75	134.66	128.63
3	50	115.00	9.93	10.01	125.19	122.60
4	50	115.00	7.34	7.76	112.27	102.79
5	50	115.00	9.33	9.84	123.46	116.57
6	50	115.00	10.35	12.43	135.52	118.30
Promedio	50	115.00	9.62	10.24	123.90	116.29

V: velocidad; D': desplazamiento; F: fuerza.

**Tabla 2.** Ensayo a tracción de la sujeción

Ensayo	V. del ensayo	A. inicial Parte media mm <sup>2</sup>	A. final Parte media mm <sup>2</sup>	% de reducción en área	D2 inicial Zona calibrada mm	D2 final Zona calibrada mm	% de elongación	F máx (n)	E2
1	5.00	5.98	4.99	16.55	50.00	60.0	20	181.72	0.200
2	5.00	5.98	5.03	15.88	50.00	59.50	19	180.86	0.190
3	5.00	5.98	5.45	8.86	50.00	53.00	6	191.19	0.060
4	50.00	5.98	5.31	11.20	50.00	56.00	12	183.44	0.120
5	50.00	5.98	5.31	11.20	50.00	55.00	10	159.33	0.100
6	50.00	5.98	5.15	13.88	50.00	56.00	12	173.97	0.120
Promedio	5.00	5.98	5.16	13.76	50.00	57,50	15	184.59	0.150
	50.00		5.26	12.10		55.67	11.33	172.25	0.113

V: velocidad; A: análisis; F: fuerza.

región (entre L2-L5) y con el mismo tipo de amarre en forma de 8. La instrumentación de los segmentos lumbares se llevó a cabo por el Dr. Alejandro González Rebatú y González, médico especialista cirujano de Columna del Hospital Regional 1.º de Octubre ISSSTE en la Ciudad de México.

En el ensayo a tracción del segmento lumbar, se denotó que al llegar a la carga máxima de 1772.70 N este conservó su estabilidad en la zona de L2-L5. Igualmente al tener la rotura de la placa terminal en su totalidad en L4, el segmento permaneció unido con el cinturón de poliamida 6/6 entre las apófisis espinosas de L3 y L4 hasta llegar a la carga de 1282.67 N, en donde el cinturón en su parte de unión cedió (Fig. 4).

Los niveles de carga utilizados en los tres casos de estudio representan niveles de fuerzas superiores a los que se pueden presentar en un individuo promedio, de

aproximadamente 80 kg de peso y esto permite que a cargas menores el cinturón de poliamida no presente ninguna alteración que pueda considerarse riesgosa, para su funcionamiento como elemento de fijación. Prueba de esto es el ensayo a flexo- compresión, donde se apreció que el segmento lumbar al ser flexionado conservó su estabilidad segmentara con el cinturón de poliamida 6/6, hasta producirse la rotura de la placa terminal en L2 al momento de aplicar una carga superior. Asimismo, los resultados obtenidos en la evaluación a tracción de los cinturones son aceptables debido a su semejanza con lo establecido por el fabricante en su catálogo, para el caso de la parte de sujeción del segmento lumbar porcino, igualmente el ensayo en la unión del cinturón de poliamida arroja datos aceptables solo que se tiene en cuenta que este tipo de dispositivo son usados en general para trabajar de



**Figura 4.** Ensayo a flexión.

forma envolvente. El arreglo que en este trabajo se presentó para la disminución de la artrosis facetaria por medio de un cinturón de poliamida 6/6 puede ser de gran ayuda para la parte médica, donde médicos dedicados a realizar cirugías de columna pueden aprobar su uso y aplicación en pacientes humanos con esta afección.

Se ha comprobado que la poliamida 6/6 es un polímero sintético bien aceptado en el organismo humano, sin presentar ningún tipo de rechazos.

## Conclusiones

El uso de cinturones de poliamida 6/6 para la estabilización segmentaria en la región lumbar como alternativa de sujeción para la disminución de la artrosis facetaria en humanos promete ser una buena opción a los tratamientos utilizados comúnmente hoy en día.

Los resultados preliminares presentados en este trabajo para los casos de ensayo a tracción y flexo-compresión de los especímenes lumbares, así como de resistencia de los cinturones de poliamida 6/6, demuestran un buen desempeño biomecánico de estos, lo que perfila a estos últimos como buenos candidatos a sustituir los otros tipos de materiales para la fijación interespinal, empleada para la estabilidad segmentaria y

proteger las articulaciones facetarias. Además, el bajo costo que presentan estos insumos los hace accesibles a cualquier grupo social.

Se mide también el porcentaje de deslizamiento y se concluye que el porcentaje disminuye del 35 al 7%, dándonos una estabilidad de un 93% efectiva. El uso de cinturones de poliamida 6/6 para la estabilización segmentaria en la región lumbar como alternativa de sujeción en humanos promete ser una buena opción a los tratamientos utilizados comúnmente hoy en día. Es un sistema que ha demostrado su estabilidad segmentaria, soporte de cargas, adaptabilidad al organismo sin rechazos y sobre todo bajo costo del insumo.

Los resultados evalúan una disminución de movilidad en el segmento porcino de L1-L5 con el cinturón de poliamida, de un 36.84% de pérdida, así como presentar una disminución de ángulo en L1 a flexión anterior de 2.78° que representa un 11.49% en comparación con especímenes porcinos evaluados a flexión anterior sin la colocación de cinturón de poliamida 6/6. Finalmente se realiza el modelo en 3D del espécimen porcino L1-L5 conservando los ligamentos así como los discos, aunado a ello el arreglo con el cinturón de poliamida 6/6, colocado entre las apófisis espinosas de L2-L4. Quedando pendiente como evaluaciones futuras y un trabajo de investigación futuro.

## Conflicto de intereses

Los autores de este artículo declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía humana, Tomo I. 3.ª edición. Montevideo, Uruguay: Editorial Médica Panamericana; 1999. pp. 32-66.
2. Marqués J. El dolor lumbar. 19.ª edición. España: Editorial JIMS, 1989. pp. 271-85.
3. Goldthwait JE. The lumbosacral articulation: an explanation of many cases of "lumbago", "sciatica" and "paraplegia". Boston Med Sur; 1911; 164:356-72.
4. Ghormley RK. Low back pain: with special reference to the articular facets, with presentation of an operative procedure. JAMA. 1933; 101:1773-7.
5. Hirsch C, Inglemark B, Miller M. The anatomical basis for low back pain. Acta Orthop Scand. 1963;33:1-17.
6. WhittenCG, El-Khoury GY, Renfrew DL, Kathol MH. Facet injection. Seminars in interventional. Radiology. 1993;10:255-61.
7. Rees WES. Multiple bilateral subcutaneous rhizolysis of segmental nerves in the treatment in the intervertebral disc syndrome. Ann Gen Pract. 1971;26:126-7.
8. Boleaga DB, Fiesco GL. Enfermedad degenerativa de la columna lumbosacra, correlación clínica y por resonancia magnetica. Cir Cir. 2006;74:101-5.