

Monitorización electrónica en el análisis de la estabilidad de la columna lumbar posterior a una cirugía con y sin instrumentación transpedicular

Dr. Israel Granados Peña ⁽¹⁾

(1) Cirujano Ortopédico, Unidad Médica de Alta Especialidad UMAE, Centro Médico Nacional de Occidente IMSS en Guadalajara, Jalisco, México.

Recibido: 24/Abril/2011 Aceptado: 29/Junio/2011

- **Palabra clave:**
ESTABILIDAD / MONITORIZACIÓN / COLUMNA / DEGENERATIVO

-
-
- **Key words:**
STABILITY / ELECTRONIC SYSTEM / SPINE / DEGENERATIVE
-
-

Resumen

Objetivo

Describir el comportamiento biomecánico de la columna lumbar posterior a una cirugía de columna con y sin instrumentación transpedicular y desarrollo de un sistema electrónico para detectar deformaciones ligamentarias como apoyo en la interpretación clínica.

Material. Sistema de Software Signal Express de LabView, sensores strain gauge, tarjeta acondicionadora, CPU, modelo para experimentación y colocación de espécimen, columna porcina segmentos T6-L5, Sistema de Instrumentación Transpedicular Krypton, equipo y material de cirugía.

Metodos

Previa preparación de los sensores (strain gauge) sobre una mica rígida (7x30mm) con aplicación de pegamento cianocrylate, se realiza la disección anatomía en los segmentos lumbares de la columna porcina (fresca, segmento

T6-L5), se colocan en el segmento L1-L2, los sensores en el Ligamento Longitudinal Anterior (LLA), Ligamento Interespinal (LIE), Ligamento supraespinal (LSE), el cual a su vez es colocado en el modelo para experimentación, sometiéndole una carga axial de 10kg. Primero se realizaron las mediciones como origen basal la columna sin ningún procedimiento quirúrgico, iniciando las mediciones con sesiones de movimiento, las cuales tienen el mismo rango y amplitud, 0° para la posición en reposo con la carga de 10kg, 30° de flexión, 20° en extensión de la zona lumbar, Compresión axial máxima antes de la fatiga a 0°. Una vez almacenando los datos se procede a realizar los mismos procedimientos siempre agregando el procedimiento que le prosigue (foramienotomía, discoidectomía, hemilaminectomía, laminectomía e instrumentación transpedicular a 1 nivel en mismo segmento).

Resultados

Las mediciones basales mostraron en una amplitud de 0.3 volts, con el foramen del lado izquierdo el nivel de inestabilidad manifiesta con amplitud de voltaje del sensor en 0.8 volts con variaciones de voltaje positivos. Al proceder con la discectomía se encuentra una variación de la amplitud de 2.0 volts, con variaciones de voltajes negativos. La hemilaminectomía se incrementa a una amplitud de 3.0 volts. Con la laminectomía se incrementa aun mas hasta los 3.8 volts, además de una marcada inestabilidad clínica durante los experimentos. Al aplicar la instrumentación transpedicular el sensor muestra una corrección de la inestabilidad pasando a un patrón de señal con una amplitud de 0.5 volts positivos con la cual se muestra una corrección de la inestabilidad, pero a su vez el valor del voltaje de los sensores muestra un desplazamiento en el nivel de voltaje que indican que la articulación está en una posición rígida, forzada y diferente de las obtenidas en las mediciones en basal.

Conclusiones

Los resultados obtenidos se traducen en un mapa biomecánico, que permiten analizar de una manera objetiva cómo se comporta la columna ante diversas situaciones descompresivas que generan inestabilidad. En el modelo experimental cada proceso quirúrgico descompresivo puede llegar a desestabilizar el 15-20% y aun así con una instrumentación rígida en un segmento por vía posterior no se logra recuperar la estabilidad, ya que se pierde un 5% por el material óseo ligamentario extirpado.

Abstract

Objective

Describe the biomechanical lumbar spinal after surgery with or without transpedicular instrumentation and electronic system development column behavior to detect ligament deformations to support the clinical interpretation. Material. Signal Express LabView Software, strain gauge, sensors system conditioning card, model for experimentation and placement of specimen, swine column T6-L5, instruments Transpedicular Krypton, equipment and material for surgery system segments. Method. Prior preparation of sensors (string gauge) over a mica rigid (7x30mm) with application of glue cyanocrylate, performs the dissection anatomy in lumbar porcine spinal segment T6-L5 (fresh) segments, are placed in the L1-L2 segment, are placed in the previous longitudinal ligament (all), ligament Interespinoso (LEL), supraespinoso ligament (LSE), which in turn is placed in the model for experimentation, subjecting an axial 10 kg load sensors. First conducted measurements as basal source column without any surgical starting measurements with sessions of movement, which have the same rank and amplitude, 0 ° for the position at rest with the load of 10 kg, 30 ° of flexion, 20 ° in the lumbar

extension procedure, maximum before fatigue at 0 ° axial compression. Item once by storing data is to perform the same procedures always adding the procedure which continues (foraminectomy discectomy, hemilaminectomy, laminectomy, transpedicular instrumentation to 1 level in the same segment). Results. Basal measurements showed in a breadth of 0.3 volts, with apparent instability with 0.8 sensor voltage amplitude level left foramen volts with variations in voltage positive. By proceeding with the Discectomy is a variation of the amplitude of 2.0 volts, with variations of negative voltages. The hemilaminectomy increases with an amplitude of 3.0 volts. The laminectomy increases even more until the 3.8 volts, and a marked clinical instability during experiments. Transpedicular Instrumentation in applying sensor shows a correction of instability passing pattern signal amplitude 0.5 positive volts with which shows a correction of instability, but at the same time the value of the voltage sensors shows a shift in the level of voltage indicate the articulation is a rigid, forced and different from those obtained in measurements in basal position. Conclusions: The results translate into a biomechanical, map that allow to analyze an objectively as column behaves to various decompression situations causing instability. In the experimental model each decompression surgical process might destabilize 15-20% and still a rigid instrumentation on a slice through the later fails to restore stability, that 5% is lost by ligament bone material removed.

Introducción

La patología de columna cada día cobra mayor importancia por el aumento en la longevidad de las personas, los accidentes de alta energía y las enfermedades degenerativas debidas al desarrollo creciente de las actividades industriales, así como la aparición de problemas de tipo infeccioso y de origen tumoral. 12

A pesar de los esfuerzos de diversos autores para describir el concepto de inestabilidad lumbar, no existe hoy en día una definición claramente aceptada, ya que el concepto de la inestabilidad tiene un significado distinto para clínicos, radiólogos y bioingenieros. 28

Sin embargo la definición más reconocida es la del punto de vista biomecánico propuesta por Pope y Panjabi, así como Frymoyer y Selby, los cuales consideran que un segmento lumbar es inestable cuando genera movimientos anormales que a la larga conducen a una restricción en los movimientos fisiológicos vertebrales para compensar la aparición del dolor. 32, 34

Una vez que esto sucede, los datos con los que contamos son la sintomatología y los cambios en las imágenes generados en los estudios de gabinete, que son la evidencia que nos hace tomar decisiones para ofrecer el mejor tratamiento quirúrgico.

¿Cuándo indicar la microcirugía parcial con solo descompresión de la extrusión?, ¿cuándo recomendar la discoidectomía completa con curetaje del espacio intervertebral?, ¿cuándo recomendar la discoidectomía con instrumentación y fusión posterolateral? Todas estas interrogantes surgen en la mente de un cirujano cuando tiene que decidir realizar un procedimiento quirúrgico.

Métodos

Se realizó estudio experimental con piezas de columna de porcinos, en el departamento de Ingeniería Robótica de la U. de G., en su disección se conservó en perfecto estado los ligamentos, capsulas y porción muscular, la pieza no debió de pasar más de 24 hrs. de la extracción para conservar la frescura de sus elementos.

Se realizaron disecciones anatómicas en el laboratorio de prácticas biomédicas, resecano anatómicamente y respetando las estructuras ligamentarias de la columna, así como las estructuras musculares en el segmento lumbar comprendido de la 6ª vertebra torácica a la 5ª vértebra lumbar.

Se montó dicho segmento anatómico con una carga controlada y repetida de 10 kg, para su evaluación se utilizó un sensor strain gauge previamente colocado en una mica rígida libre de impurezas, se fijó en los segmentos con dos o tres puntos de sutura en cada uno de los extremos de forma longitudinal.

Los sensores son adheridos en la superficie de la mica con la aplicación de pegamento cyanoacrylate, la mica rígida forma una interface de fijación entre el sensor y el ligamento, la que permitió transmitir al dispositivo sensor los cambios físicos de la estructura ligamentaria. (Figura No. 1.)

El sensor es encapsulado con resina para evitar que la humedad de los tejidos interfiera en la medición, cada sensor se conecta a un circuito electrónico de instrumentación a través de un par de cables que polarizan y transmiten los cambios de resistencia que presenta el sensor y estos cables se trenzan para reducir el factor de ruido.

Para procesar de mejor manera las señales de los sensores, se diseñó una tarjeta acondicionadora de señal, la respuesta de cada sensor se monitorea de forma individual por canales independientes, formados de cuatro módulos consecutivos, cada canal de acondicionamiento de señal tiene tres canales disponibles para conexión de los sensores, cuatro ajustes de ganancia de voltaje en las etapas de amplificación de canal y una salida para conexión de una tarjeta externa de adquisición de datos, las pequeñas diferencias de voltaje durante las pruebas son detectadas y amplificadas (Del orden de milésimas de voltios) y aumentarlas a variaciones de -5 a 5 voltios.

La señal de salida de la tarjeta acondicionadora

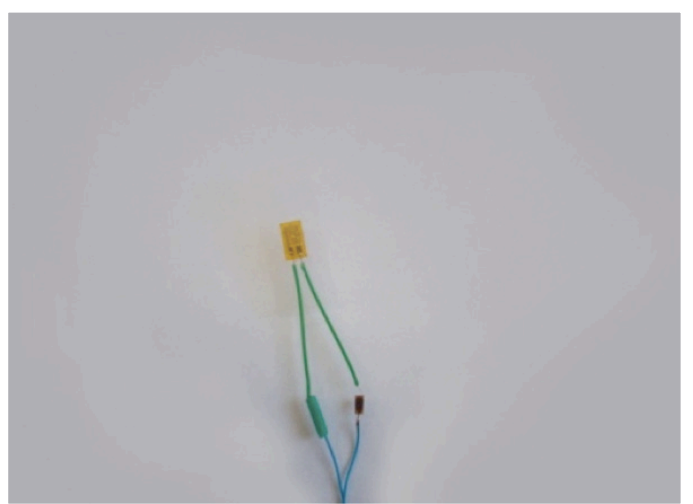
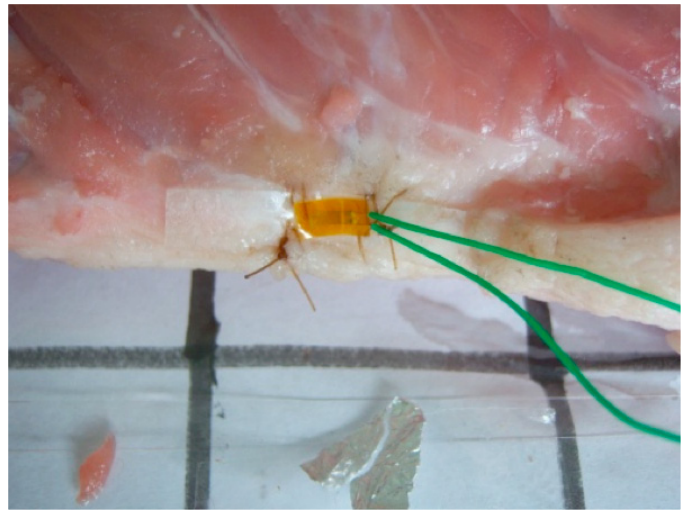


FIGURA 1.
Instalación del sensor Strain Gauge en la superficie del ligamento longitudinal posterior.

es tomada por la tarjeta adquisidora de señal USB 6221 de la marca National Instrument para posteriormente ser guardados en archivos de datos que son analizados con el software Signal Express de LabView. (Figura No. 2.)

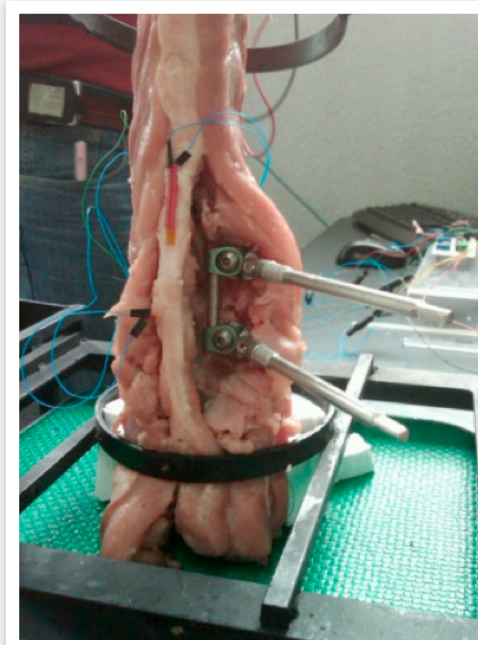
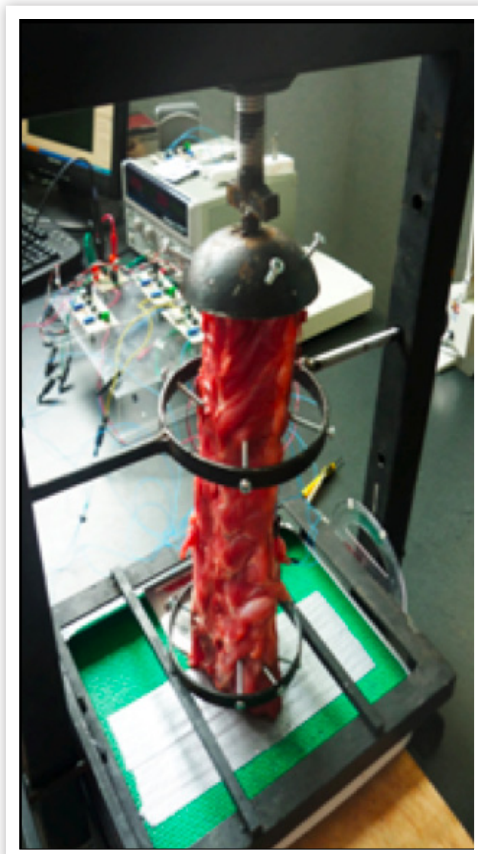


FIGURA 2.
Instalación de la mesa de trabajo
con la tarjeta adquisidora de
señal.

Previo a los experimentos se realizó el acondicionamiento previo de los sensores (strain gauge), la preparación de la columna vertebral fresca, con la disección anatómica de los segmentos lumbares, comprendidos de la 6ª vertebra torácica a la 5ª vértebra lumbar, respetando las estructuras anatómicas, con colocación del sensor strain gauge previamente colocado en una mica rígida libre de impurezas, se fija en los segmentos con dos puntos de sutura en cada uno de los extremos de forma longitudinal.

Los sensores son adheridos en la superficie de la mica con la aplicación de pegamento cyanoacrylate, mismos que se colocaron en las zonas que se van a monitorizar (ligamento interespinoso, ligamento longitudinal anterior y ligamento supraespinoso).

La columna vertebral se colocó en el modelo de compresión con la columna en posición de carga axial controlada de 10 kg., primero se realizaron las mediciones, donde se determinó como origen basal la columna sin ningún procedimiento quirúrgico, solo la disección anatómica y la colocación de los sensores, mismos que fueron calibrados.

Al estar listos se iniciaron las mediciones, que se repitieron en todos los procedimientos con 5 ciclos de un mismo lapso de tiempo; flexión a 30°, extensión a 20° y flexo-extensión, mismas que se ejecutan en forma independiente y en serie de repeticiones continuas o pausadas registrando los voltajes máximos y mínimos alcanzados por los movimientos, los ángulos de medición y el tiempo de duración de los mismos para generar bloques de estudio.

Los rangos de medida de los ángulos de los movimientos a realizar se definieron de la siguiente forma:

- 0° para la posición en reposo con la carga de 10 kg.
- 30° de flexión.
- 20° en extensión de la zona lumbar.
- 0° a 50° de movimiento en flexo-extensión de la zona lumbar.

Procedimientos quirúrgicos:

- (Ba) Basal
- (Fo) Foramen Lado izq.
- (Di) Discoidectomía.
- (He) Hemilaminectomía izquierda.
- (La) Laminectomía.
- (In) Instrumentación transpedicular de 1 nivel.

Colocación de los Sensores en el segmento L1 L2:

Colocación Anatómica.

- | | |
|---------------------------------|----------|
| Ligamento longitudinal anterior | Canal 1. |
| Ligamento interespinoso | Canal 2. |
| Ligamento supraespinoso | Canal 3. |

Los cambios de tensión superficial de los ligamentos se observaron en el monitor de una computadora a través del software Signal Express de LabView, el cual registró las señales y las guardó en archivos independientes.

El sistema de software utilizado, tradujo las fuerzas detectadas en voltaje, en cifras reconocibles y fácil de interpretar, donde evaluó desde el punto de vista ortopédico la estabilidad de la columna previa a los procedimientos y la inestabilidad que se fue generando con los procedimientos invasivos, así como la estabilidad que se pudiera recuperar con los sistemas de fijación con los que contamos actualmente, así como sus repercusiones en los discos subyacentes.

Métodos Estadísticos

La información se codificó, tabuló y analizó mediante un programa computacional (Epi Info Ver. 3.5.1) y (SPSS Ver 10.0), en donde se tomó en cuenta las frecuencias absolutas y relativas así como las medidas de tendencia central y de dispersión.

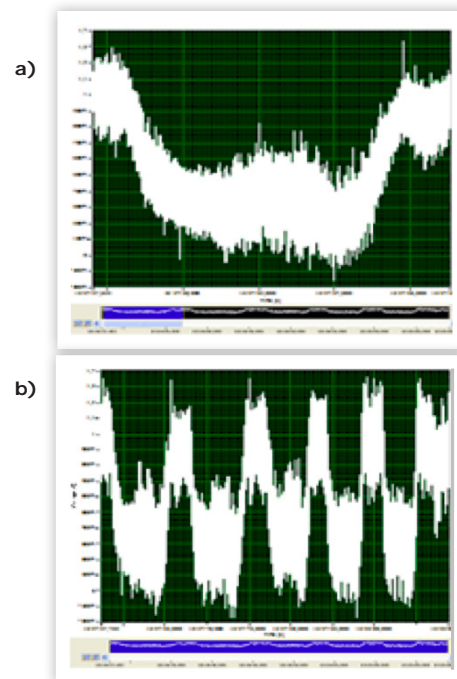
La señal de salida de la tarjeta acondicionadora se tomo por la tarjeta adquisidora de señal USB 6221 de la marca National Instrument para posteriormente ser guardados en archivos de datos que son analizados con el software Signal Express de LabView.

Resultados

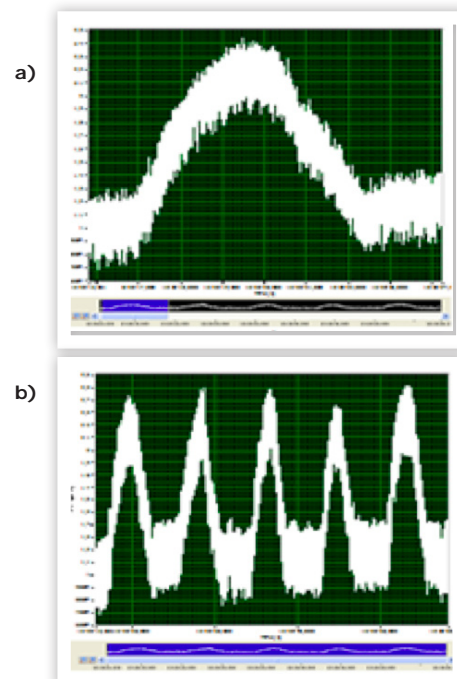
En las mediciones basales obtenidas por los sensores strain gauge (células de carga), muestran que en el movimiento en extensión, en el ligamento supraespinal los patrones obtenidos son repetitivos y con una amplitud de 0.3 volts, cuando se procede con el foramen del lado izquierdo el nivel de inestabilidad se muestra como una alteración del la amplitud de voltaje del sensor en 0.8 volts con variaciones de voltaje positivos, al proceder con la discoidectomía se encuentra que el mismo sensor detecta una variación de la amplitud de 2.0 volts, con variaciones de voltajes negativos, observando un incremento notable de inestabilidad de la columna.

Cuando se procede con la hemilaminectomía, la inestabilidad se incrementa aun más, con una variación de amplitud de 3.0 volts, de acuerdo a los datos observados el incremento de la inestabilidad se observa en los tres procedimientos. (Tabla No. 1.)

Considerando que en el caso del foramen de acuerdo a la polaridad de amplitud de la señal de los sensores, la inestabilidad se detecta en un eje (positivo) y al proceder con la discoidectomía y hemilaminectomía la inestabilidad crece notablemente en un eje (negativo) (Figura No. 3.)



**Señal de tensión-deformación de los ligamentos en movimiento de extensión.
a) 5 repeticiones
b) Una sola repetición**



**Señal de tensión-deformación de los ligamentos en movimiento flexión.
a) Una sola repetición
b) 5 repeticiones**

**FIGURA 2.
Mediciones obtenidas por el sensor Strain Gauge.**

Tabla N° 1

Procedimiento	Cambios de voltaje flexo-extensión	% de estabilidad pérdida
Foramienectomía	0.3	21.05%
Discoidectomía	0.8	52.63%
Hemilaminectomía	2	78.94%
Laminectomía	3.8	86.4%
Instrumentación Posterior	0.5	5.26%

Al aplicar la instrumentación transpedicular, el sensor muestra una corrección de la inestabilidad pasando a un patrón de señal con una amplitud de 0.5 volts positivos con la cual se muestra una corrección de la inestabilidad, pero a su vez el valor del voltaje de los sensores muestra un desplazamiento en el nivel de voltaje que indican que la articulación está en una posición rígida, forzada y diferente de las obtenidas en la medición basal (posición natural y original de la columna).

Conclusiones

El manejo quirúrgico en las patologías de columna, se encuentra sustentado en la valoración de la estabilidad mediante el uso de estudios de gabinete tanto estáticos como dinámicos, los cuales no alcanzan a mostrar el resultado real, ya que la columna realiza movimientos en flexión, extensión, y movimientos rotacionales soportando cargas axiales.

Los resultados de este diseño se traducen en un mapa biomecánico, que permite analizar de manera objetiva, cómo se comporta la columna ante diversas situaciones descompresivas que generan inestabilidad.

En el modelo experimental cada proceso quirúrgico descompresivo puede llegar a desestabilizar del 15% al 20% y aun así, con una instrumentación rígida en un segmento por vía posterior, no se logra recuperar la estabilidad, ya que llega a perder un 5% por el material óseo ligamentario resecado.

Es importante tomar en consideración estos puntos, ya que en la medida que tengamos en mente cómo se comportan las cargas en la columna, lograremos optimizar los recursos para el mejor manejo quirúrgico en los pacientes con cirugía de columna.

Bibliografía

- 1.- Mister, W. J., and Barr, J.S.: Ruptura of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. 1934. N. Engl. J. Med. 210-211.
- 2.- Benn, R.T., and Wood, P.H.N.: Pain in the back. Rheumatol. Rehabil. 1975.14:121.
- 3.- Nachemson, A.L.; The lumbar spine. An orthopaedic challenge. 1976. Spine 1:50.
- 4.- Kang, J.D., Georgescu, H.I., McIntyre-Larkin, L, et al: Herniated lumbar intervertebral discs spontaneously produce matrix metalloproteinases, nitric oxide, interleukin 6, and prostaglandin E2. 1996. Spine 21-271,.
- 5.- I-Ru Chen, MMed,* and Ta-Sen Wei, MD†: Disc Height and Lumbar Index as Independent Predictors of Degenerative Spondylolisthesis in Middle-Aged Women With Low Back Pain. SPINE Volume 34, Number 13, pp 1402–1409
- 6.- C. Ryan Martin, BSc,* Adam T. Gruszczynski, BSc,† Heike A. Braunsfurth,‡ Salah M. Fallatah, MD, FRCS,§ Joseph O’Neil, MD, FRCS,§; The Surgical Management of Degenerative Lumbar Spondylolisthesis:A Systematic Review: SPINE Volume 32, Number 16, pp 1791–1798
- 7.- Gianluca Cinotti, MD, Stefano Gumina, MD, Giuseppe Giannicola, MD,: Contralateral Recurrent Lumbar Disc Herniation; Results of Discectomy Compared With Those in Primary Herniation; SPINE Volume 24, Number 8, pp 800–806
- 8.- J. N. Alastair Gibson, MD, FRCS, Inga C. Grant, MSc, and Gordon Waddell, DSc, MD, FRCS: The Cochrane Review of Surgery for Lumbar Disc Prolapse and Degenerative Lumbar Spondylosis; SPINE

- Volume 24, Number 17, pp 1820–1832
- 9.- Roger Chou, MD,*† Jamie Baisden, MD, FACS,‡ Eugene J. Carragee, MD,§ Daniel K. Resnick, MD, William O. Shaffer, MD,¶ and John D. Loeser, MD** ;Surgery for Low Back Pain: A Review of the Evidence for an American Pain Society Clinical, SPINE Volume 34, Number 10, pp 1094–1109 ©2009, Lippincott Williams & Wilkins
 - 10.- Hossein Elgafy, MD,*† Tejaswy Potluri, BS, et al; Biomechanical Analysis Comparing Three C1–C2 Transarticular Screw Salvaging Fixation Techniques. SPINE Volume 35, Number 4, pp 378–385 ©2010, Lippincott Williams & Wilkins.
 - 11.- Neil R. Crawford, PhD, Şeref Doğan, MD, et al: In Vitro Biomechanical Analysis of a New Lumbar Low-Profile Locking Screw-Plate Construct Versus a Standard Top-Loading Cantilevered Pedicle Screw-Rod Construct: Technical Report: Neurosurgery, vol 66, num 2, February 2010, pag; 404-406.
 - 12.- George M. Wahba, MD,* Nitin Bhatia, MD,*et al: Biomechanical Evaluation of Short-Segment Posterior Instrumentation With and Without Crosslinks in a Human Cadaveric Unstable Thoracolumbar Burst Fracture Model; SPINE Volume 35, Number 3, pp 278–285 ©2010, Lippincott Williams & Wilkins.
 - 13.- Zhao-Min Zheng, MD, PhD,* Bin-Sheng Yu, MD, PhD,* Hui Chen, MD, et al: Effect of Iliac Screw Insertion Depth on the Stability and Strength of Lumbo-Iliac Fixation Constructs; SPINE Volume 34, Number 16, pp E565–E572 ©2009.
 - 14.- Martin Quirno, MD,* Jonathan R. Kamerlink, MD,* Antonio Valdevit, MSc,*et al: Biomechanical Analysis of a Disc Prosthesis Distal to a Scoliosis Model: SPINE Volume 34, Number 14, pp 1470–1475 ©2009.
 - 15.- Xin-Ming Zhuang, MD,* Bin-Sheng Yu, MD, PhD,* Zhao-Min Zheng, MD,*et al: Effect of the Degree of Osteoporosis on the Biomechanical Anchoring Strength of the Sacral Pedicle Screws, An In Vitro Comparison Between Unaugmented Bicortical Screws and Polymethylmethacrylate Augmented Unicortical Screws : SPINE Volume XX, Number XX, pp 000–000 ©2010.
 - 16.- Eugene J. Carragee, MD,* Anthony O. Spinnickie, MD,* Todd F. Alamin, MD,* et al: A Prospective Controlled Study of Limited Versus Subtotal Posterior Discectomy: Short-Term Outcomes in Patients With Herniated Lumbar Intervertebral Discs and Large Posterior Anular Defect: SPINE Volume 31, Number 6, pp 653–657 ©2006.
 - 17.- Andrew S. Little, MD, Leonardo B.C. Brasiliense, MD, Bruno C.R. Lazaro, MD, et al: Biomechanical Comparison of Costotransverse Process Screw Fixation and Pedicle Screw Fixation of the Upper Thoracic Spine; Neurosurgery 66[ONS Suppl 1]:ons178-ons182, 2010.
 - 18.- J. Sales Llopis, et al: inestabilidad lumbar intervertebral: neurocirugía contemporánea, volumen 2, numero 10, octubre del 2008, pag: 1-6.
 - 19.- Dino Samartzis, DSc, MSc, Dip EBHC,* Scott M. Wein, MD,† , et al: A Revisitation of Distractive-Extension Injuries of the Subaxial Cervical Spine. A Cadaveric and Radiographic Soft Tissue Analysis; SPINE Volume 35, Number 4, pp 395–402 ©2010.
 - 20.- Roman Bosnjak, MD, PhD,* and Matej Makovec, MD†,. Neurophysiological Monitoring of S1 Root Function During Microsurgical Posterior Discectomy Using H-Reflex and Spinal Nerve Root Potentials: SPINE Volume 35, Number 4, pp 423–429 ©2010.
 - 21.- Dupuis, P R, K Yong-Hing, J D Cassidy, y W H Kirkaldy-Willis. 1985. Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. Spine 10, no. 3 (Abril): 262-76.
 - 22.- Dvorák, J, M M Panjabi, J E Novotny, D G Chang, y D Grob. 1991. Clinical validation of functional flexion-extension roentgenograms of the lumbar spine. Spine 16, no. 8 (Agosto): 943-50.
 - 23.- Frymoyer, J W, y D K Selby. 1985. Segmental instability. Rationale for treatment. Spine 10, no. 3 (Abril): 280-286.
 - 24.- Frobin, W, P Brinckmann, M Kramer, y E Hartwig. 2001. Height of lumbar discs measured from radiographs compared with degeneration and height classified from MR images. European Radiology 11, no. 2: 263-9.
 - 25.- Hayes, M A, T C Howard, C R Gruel, y J A Kopta. 1989. Roentgenographic evaluation of lumbar spine flexion-extension in asymptomatic individuals. Spine 14, no. 3(Marzo): 327-31.
 - 26.- Kasai, Yuichi, Koichiro Morishita, Eiji Kawakita, Tetsushi Kondo, y Atsumasa Uchida. 2006. A new evaluation method for lumbar spinal instability: passive lumbar extension test. Physical Therapy 86, no. 12 (Diciembre): 1661-7.
 - 27.- Kirkaldy-Willis, W H, y H F Farfan. 1982. Instability of the lumbar spine. Clinical Orthopaedics and Related Research, no. 165(Mayo): 110-123.
 - 28.- Leone, Antonio, Giuseppe Guglielmi, Victor N Cassar-Pullicino, y Lorenzo Bonomo. 2007. Lumbar intervertebral instability: a review. Radiology 245, no. 1 (Octubre): 62-77.
 - 29.- Madan, Sanjeev S, Am Rai, y John M Harley. 2003. Interobserver error in interpretation of the radiographs for degeneration of the lumbar spine. The Iowa Orthopaedic Journal 23: 51-6.
 - 30.- Mimura, M, M M Panjabi, T R Oxland, et al. 1994. Disc degeneration affects the multidirectional flexibility of the lumbar spine. Spine 19, no. 12 (Junio 15): 1371-1380.
 - 31.- Nachemson, A. 1985. Lumbar spine instability.

A critical update and symposium summary. Spine 10, no. 3 (Abril): 290-1.

- 32.- Panjabi, M M, C Lydon, A Vasavada, et al. 1994. On the understanding of clinical instability. Spine 19, no. 23 (Diciembre 1): 2642-50.
- 33.- Pathria, M, D J Sartoris, y D Resnick. 1987. Osteoarthritis of the facet joints: accuracy of oblique radiographic assessment. Radiology 164, no. 1 (Julio): 227-30.
- 34.- Pope, M H, y M Panjabi. 1985. Biomechanical definitions of spinal instability. Spine 10, no. 3 (Abril): 255-6.
- 35.- Sonntag VKH,, Marciano FF. 1995. Is fusion indicated for lumbar spinal disorders? . Spine 20, no. (suppl): 138S–142S.

Correspondencia:

Dr. Israel Granados Peña.

dr_israelgranados@hotmail.com