

Lesiones de columna vertebral lumbar en deportistas

Martín Tejeda Barreras*

INTRODUCCIÓN

El dolor lumbar es una de las patologías más frecuentemente encontradas en la consulta de ortopedia y traumatología. Posiblemente todas las personas en algún momento de nuestra vida sufriremos una o más veces un dolor lumbar, aunque en la gran mayoría de las veces se resolverá rápidamente en unos cuantos días, con un manejo mínimo.

En los deportistas, el dolor lumbar adquiere una connotación diferente, debido a que su espalda se encuentra sometida a esfuerzos y movimientos que la mayoría de las personas no realizamos. La columna lumbar y las estructuras adyacentes (músculos, tendones, ligamentos), tienen una gran movilidad y son una fuente importante de energía dinámica al realizar movimientos durante el golf, en el béisbol, tenis, levantamiento de pesas, box, etcétera.

Por tal motivo, con frecuencia se encuentra en los deportistas dolor y disfunción de la espalda baja, lo que se convierte en uno de los principales motivos por los que tienen que abandonar su deporte en forma parcial o permanente.¹

Los datos publicados de dolor lumbar en atletas varían desde 1 hasta más de 30%, y en esto influye el tipo de deporte practicado, género, intensidad, frecuencia y técnica de entrenamiento, y aunque la mayoría de las veces son lesiones autolimitadas, de pocos días de evolución, muchos atletas presentan síntomas persistentes de dolor, siendo las causas más comunes la enfermedad degenerativa discal y la espondilólisis, y a pesar de que estos pacientes se encuentran altamente motivados para regresar a sus actividades, no siempre se determina un origen específico del dolor, por lo que su diagnóstico y tratamiento se convierten en verdaderos retos.^{2,3} Sin embargo, debemos estar siempre alertas de causas poco frecuentes de dolor lumbar, como son las fracturas por fatiga de sacro o de facetas.⁴

Objetivos:

- a) *Describir los problemas físicos y estructurales que con mayor frecuencia causan lumbargia en deportistas.*
- b) *Analizar las asociaciones encontradas entre trastornos específicos y un deporte determinado.*
- c) *Proponer la metodología de estudio en cada caso y el tratamiento a seguir.*

* Médico Ortopedista Especialista en Cirugía de Columna Vertebral. Centro Médico del Río.

Domicilio para correspondencia:

Dr. Martín Tejeda Barreras. Reforma No. 273 Sur esquina Paseo San Miguel. Planta Baja 83280. Hermosillo, Sonora. Correo electrónico: martintejedab@yahoo.com

EPIDEMIOLOGÍA

Es importante recordar que el dolor lumbar es un síntoma, no un diagnóstico y que en la mayoría de los casos no se encuentra asociado a una anormalidad estructural, por lo que se debe considerar esto al tratar de interpretarlo. La prevalencia del dolor lumbar en la población general se estima en 85 a 90%, y entre un 2 a 5% de las personas reportan un dolor lumbar que les ocurre por lo menos una vez al año.⁵ En deportistas, se encuentran reportes discordantes y no queda claro si los atletas se encuentran en un riesgo mayor de sufrir dolor lumbar o si la actividad física los protege de padecer lesiones de columna vertebral.⁶

También debemos señalar que el dolor lumbar es una de las causas más comunes por las que un atleta debe suspender la actividad física y permanecer inactivo por un periodo variable de tiempo. Así mismo, el dolor de espalda baja se presenta con más frecuencia en algunos deportes que en otros. Se ha encontrado que quienes practican el deporte de lucha en sus diferentes formas, tienen el índice más alto de dolor lumbar severo, mientras que otros deportes como el tenis, la natación, el fútbol soccer, tienen una frecuencia relativamente baja.⁷

FACTORES DE RIESGO

Los ejercicios de calentamiento se realizan rutinariamente antes de las prácticas y las competencias para minimizar el riesgo de lesión. Para la espalda baja, se debe enfocar principalmente en aumentar la flexibilidad, lo que puede mejorar la respuesta de los músculos y ligamentos a las demandas a que va a ser expuesta. Sin embargo, a pesar de la amplia aceptación de los ejercicios de calentamiento, existen pocos datos que demuestren que estos ejercicios disminuyen la prevalencia de dolor lumbar o el riesgo de lesión en los atletas.⁸

Los deportistas suelen tener un periodo de descanso entre el calentamiento y el juego. Green y cols., interesados en este aspecto, midieron el rango de movimiento de 26 jugadores de voleibol antes de su actividad, inmediatamente después de una sesión ordinaria de calentamiento y después de una sesión de calentamiento seguida de un periodo de descanso de 30 minutos. Los resultados fueron que aunque la flexión y la rotación no fueron afectadas, la columna lumbar se encontraba más rígida en extensión después de un periodo de reposo de lo que se encontraba inmediatamente después del calentamiento. La flexibilidad inmediatamente después del calentamiento no era significativamente diferente de los valores de precalentamiento. Estos datos parecen sugerir que el descanso inmediatamente después de los ejercicios de calentamiento puede tener un efecto negativo para la flexibilidad lumbar. Sin embargo, no podemos establecer la asociación entre el aumento de la rigidez muscular y el riesgo subsecuente de lesión lumbar. Estos hallazgos también ponen en duda la creencia de que el calentamiento puede mejorar la flexibilidad lumbar y sugieren que la capacidad del calentamiento para prevenir una lesión –si es que esto ocurre–, podría ser debida a otro mecanismo.

Otros autores han encontrado que los intentos agresivos de aumentar la flexibilidad lumbar podrían innecesariamente sobrecargar algunas estructuras, como los discos intervertebrales o la pars interarticular.¹⁰

La mayoría de los reportes indican que, con un adecuado entrenamiento, la flexibilidad lumbar en atletas de competencia alcanza una meseta que se debe mantener mediante ejercicios de estiramiento pero al tratar de ir más allá de este punto, en un esfuerzo por aumentar el rendimiento de los atletas, puede resultar dañino.

El antecedente de dolor lumbar es el principal factor predictivo de futuras ocurrencias en atletas, con riesgo de hasta 3 veces la posibilidad de desarrollarlo.¹¹

Las variables de equipo también inciden en el riesgo de dolor lumbar, como pueden ser el tipo de silla que se usa para la equitación, que no esté suficientemente acoljinado, el ángulo del asiento de los ciclistas que puede influenciar la hiperextensión de la columna, el tipo de calzado que puede afectar la transmisión de fuerzas de la columna lumbar.¹²

ESGUINCE LUMBAR

Los esguinces ocurren por disrupción de las fibras musculares en diversas localizaciones dentro del vientre muscular o en las uniones musculotendinosas. El dolor agudo es más intenso de 24 a 48 horas después de la lesión. Con frecuencia se asocia con espasmo, el cual después de un par de días, puede ser localizado en los llamados puntos gatillo. Los esguinces recurrentes se notan en períodos asintomáticos cortos entre estos episodios. Los esguinces crónicos se caracterizan por dolor continuo atribuible a lesión muscular. Con frecuencia, los pacientes con esguinces lumbaras crónicos se someten a múltiples estudios radiográficos, con resultados negativos. Los esguinces, desde hace tiempo, se tienen como la causa más frecuente de dolor lumbar, aunque su prevalencia exacta o relativa no ha sido establecida.¹³

La mayoría de los médicos recomienda un corto periodo de descanso (uno o dos días), y colocación de hielo local en el periodo agudo de un esguince y posteriormente se continúa con ejercicios de estiramiento suaves y progresivos, para después regresar al individuo a sus actividades deportivas una vez que se encuentre asintomático. Sin embargo, esto se realiza más por costumbre, que por existir evidencia documentada de los resultados de este tipo de tratamiento, aunque algunos autores han establecido tratamientos dirigidos a limitar las posturas dolorosas y concentrarse en ejercitar la espalda en arcos de movimiento libres de dolor.¹⁴

ENFERMEDAD DEGENERATIVA DISCAL

La correlación entre el disco intervertebral degenerado y el dolor lumbar aún permanece incierta. La alta frecuencia de hallazgos de imagenología en la población general de discos lumbares degenerados en individuos asintomáticos es eviden-

cia en contra de la relación obligada de causa-efecto (*Figura 1*).

Cada deporte realiza demandas particulares en la columna lumbar, y por ende, sobre los discos intervertebrales. Hay que tomar en cuenta que se desarrollan grandes fuerzas en el disco durante las maniobras de deportes. Un giro en el movimiento del golf, el cual es un movimiento básicamente de torsión, produce aproximadamente entre 6,000 a 7,500 newtons de fuerza compresiva entre L3-4 (hay que recordar que una unidad Newton equivale aproximadamente a 100 gramos [$N = 0.1 \text{ kJ}$] en los jugadores amateur y profesional respectivamente.¹⁵ Otros autores han estimado las fuerzas máximas de compresión lumbar en aproximadamente 6,100 newtons en canotaje.¹⁶ Se pueden desarrollar también grandes fuerzas compresivas en deportes como el boliche, cricket, béisbol, tenis, las cuales pueden ser disminuidas con un adecuado entrenamiento, lo cual es verificado en estudios de resonancia magnética.¹⁷ En otros deportes, como el fútbol americano, la columna lumbar puede registrar cargas compresivas de más de 8,600 newtons, exponiendo a estos deportistas a microtraumas repetitivos.¹⁸ Pero el deporte donde se encuentra mayor concentración de fuerzas compresivas sobre la columna lumbar, es en los levantadores de pesas, en quienes el promedio de fuerzas compresivas puede llegar a ser mayor de 17,000 newtons (aunque este grupo de deportistas no son los que reportan la tasa más alta de frecuencia de dolor lumbar), principalmente en los discos de nivel L4/L5, si bien se puede encontrar el proceso degenerativo discal en estos deportistas en los niveles lumbaros altos, mientras que en jugadores de fútbol soccer se concentra el hallazgo en los espacios de L4 a S1.¹⁹

La participación y la intensidad del tipo de deporte parecen ser los factores de riesgo para el desarrollo de degeneración discal. En los gimnastas se ha encontrado evidencia radiográfica de discos degenerados hasta en 75%, en comparación con aproximadamente 30% en no atletas, aunque no se describe la severidad de las lesiones.²⁰ Otros autores han encontrado que en deportistas olímpicos con dolor lumbar y/o ciatalgia, las imágenes de resonancia magnética demostraron disminución progresiva de la señal del disco, de cefálico a caudal, siendo el nivel de L5/S1 el más comúnmente afectado (35%), mientras que el abultamiento de los discos se encontró en más de la mitad de los casos con

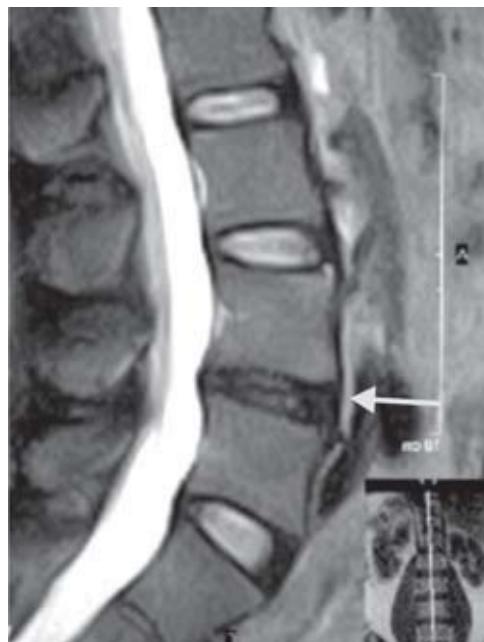


Figura 1. Disco negro degenerativo.

dolor lumbar en estos deportistas. Comparando estos resultados con otros previamente publicados de anormalidades en la población en general (no atletas), los autores concluyeron que el hallazgo de degeneración discal era más común en atletas de olimpiadas.²¹

Por otra parte, se ha encontrado que los deportistas del género masculino que practican gimnasia olímpica, son el grupo que tiene reportada la mayor tasa de dolor lumbar asociada a cambios radiográficos degenerativos, que los competidores de otras disciplinas.²²

Algunos estudios han sugerido que existe una asociación entre hallazgos radiográficos específicos y la probabilidad de desarrollar dolor lumbar.²³ Lundin y cols. examinaron prospectivamente a un grupo de atletas con radiografías al inicio y en un seguimiento de 10 años. El hallazgo radiográfico que con mayor frecuencia se relacionó con dolor lumbar fue la disminución de la altura del espacio intervertebral, sin importar si fue detectada al inicio del estudio o al seguimiento. Además, mientras más fuera el número de niveles involucrados, mayor la probabilidad de que los atletas padecieran de dolor lumbar. También se ha encontrado que la disminución de la intensidad de la señal en los discos intervertebrales lumbares en estudios de resonancia magnética se correlaciona con dolor lumbar tanto en atletas como en individuos no atletas, así como también se ha encontrado que una configuración vertebral anormal (definida como un incremento en el diámetro anteroposterior, presumiblemente por formación de un osteófito), y la degeneración de las placas cartilaginosas de los cuerpos vertebrales, también se correlaciona con un mayor riesgo de padecer lumbalgia.²³

Preponderantemente se debe tomar en consideración que la presencia de dolor lumbar tuvo el índice predictivo más importante en los aspectos psicológicos, como fueron los cuestionarios de insatisfacción, tendencias a neurosis, hostilidad, extroversión y mala calidad de sueño.²⁵

El tratamiento conservador de dolor lumbar de origen discógeno se enfoca principalmente en los protocolos de medicina física, individualizando las características de cada deporte, mientras que las inyecciones por infiltración o intradiscales son un tema de controversia. A pesar de la ausencia de pruebas específicas, la aplicación de esteroides epidurales continúa siendo una opción por demás popular, aunque hasta el momento no ha habido reportes de su eficacia en deportistas. Otras opciones, como los tratamientos térmicos intradiscales son altamente controversiales; su aplicación en atletas se desconoce.

El tratamiento quirúrgico del dolor de origen discógeno derivado de un proceso degenerativo generalmente consiste en diversas opciones de artrodesis, y aunque no se dispone de evidencia publicada en la población de atletas, se pueden extrapolrar sus indicaciones, las cuales serían: 1) dolor relacionado con hallazgos positivos en estudios de imagenología, como son radiografías simples en sus diversas proyecciones, tomografía axial computarizada, y/o resonancia magnética (el papel de la discografía aún es controversial); 2) dolor continuo por lo menos durante 4 a 6 meses a pesar de tratamiento conservador y 3) hipersensibilidad en la columna lumbar localizada en la línea media, que corresponda al nivel de la lesión.²⁶ Los resultados clínicos son variables. En los

atletas, aunque no existen estudios reportados, no deben regresar al deporte hasta que no exista evidencia radiográfica de una fusión sólida, así como la resolución del dolor y la restauración del nivel competitivo medido en parámetros funcionales, tales como fuerza, flexibilidad y resistencia.⁸

ESPONDILÓLISIS

La espondilólisis se refiere a un defecto dentro de la vértebra, en la parte posterior del arco neural, en la pars interarticular, siendo el nivel más afectado L5 (85 a 95% de los casos), seguido de L4 (5 a 15% de los casos). El mecanismo de producción en sí se desconoce, aunque se acepta que es una fractura por fatiga originada por mecanismos de carga repetitiva (*Figura 2*). Su prevalencia en la población en general es de aproximadamente 3 a 6%. La mayoría de los casos son asintomáticos, y aproximadamente un cuarto de estos pacientes desarrollará espondilolistesis.²⁷

La prevalencia de espondilólisis en atletas es variable, pero no mayor que la población en general. Sin embargo, algunos deportes parecen tener una mayor prevalencia, reportándose hasta 43% en nadadores, 30% en competidores de lucha, 27% en deportistas de lanzamiento, 23% en levantadores de pesas, 17% en gimnastas.²⁸

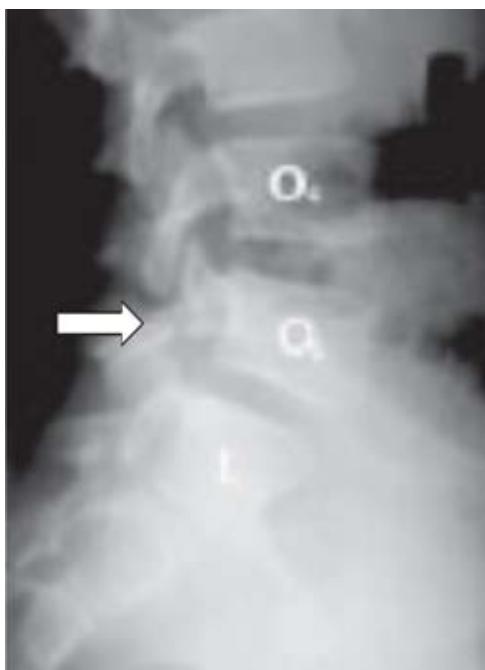


Figura 2. Espondilólisis L5.

El dolor generalmente se encuentra confinado a la espalda baja. Si se irradia, sería a los glúteos o la parte posterior de los muslos, y probablemente, causado más por lesión ligamentaria que por radiculopatía. Típicamente, el dolor aumenta con los movimientos de extensión de la columna lumbar. A la inspección se puede encontrar un aumento de la lordosis lumbar, y cuando se encuentra asociada con espondilolistesis, los glúteos aparecen endurecidos y se palpan las apófisis espinosas. En algunos casos, esta palpación puede ser dolorosa. A la movilización de las extremidades pélvicas, se pueden encontrar contracturas musculares y el examen neurológico por lo general es normal.²⁷

Cuando se sospecha espondilólisis, los estudios radiográficos deben comenzar con una serie de radiografías en planos AP, lateral, y

oblicuas. Aproximadamente 85% de las lesiones serán visibles en estas proyecciones. En caso de coexistir espondilolistesis, se debe determinar el grado de deslizamiento, y para ello se solicitan radiografías dinámicas en flexión y extensión lateral de columna lumbosacra, midiendo la movilidad del segmento afectado (*Figura 2*).

Cuando las radiografías simples de un paciente con dolor lumbar persistente se encuentran sin evidencia de lesión, se debe considerar, de acuerdo al caso, una gammagrafía ósea, una tomografía axial computarizada o una resonancia magnética. En el caso de la gammagrafía ósea, la hipercaptación puede representar una inminente fractura por fatiga, aunque pueden encontrarse falsos positivos o falsos negativos. La tomografía axial computarizada es más sensible que las radiografías simples. Las lesiones por espondilólisis semejan una articulación facetaria reumática a nivel del pedículo, y algunos autores piensan que la tomografía axial computarizada es el estudio de elección para detectar espondilólisis, mientras que el papel de la resonancia magnética para detectar espondilólisis aún es poco claro. Se debe tener en cuenta la posibilidad de realizar una infiltración con anestésico local como prueba diagnóstica.²⁸

En lo referente al riesgo de progresión, en la espondilólisis algunos autores han encontrado en deportistas hasta más de 30% de riesgo de progresión o desarrollo de deslizamiento, siendo esto más frecuente entre los atletas más jóvenes, aunque el incremento fue en promedio de 10% y, además, sorprendentemente, en otros casos se encontró 9% de disminución del deslizamiento.²⁹

La gran mayoría de los deportistas con dolor lumbar y espondilólisis asociada responden bien al tratamiento conservador, el cual incluye un breve periodo de reposo relativo, seguido de rehabilitación física. El usar o no algún tipo de inmovilización externa, así como el tipo de esta inmovilización es altamente controversial. La mayoría de los autores están de acuerdo en que los atletas pueden regresar a la práctica de su deporte aunque no haya evidencia de consolidación radiográfica de la pars interarticular.²⁸

La opción quirúrgica para el tratamiento de la espondilólisis se debe considerar cuando haya fallado el tratamiento conservador. Las indicaciones para un manejo quirúrgico temprano son un déficit neurológico relacionado con la espondilolistesis, un deslizamiento progresivo, o un deslizamiento mayor de 75% desde el inicio. Estas indicaciones son independientes del dolor lumbar. Las técnicas quirúrgicas para este tipo de problemas incluyen laminectomía descompresiva y diversas formas de artrodesis (*Figura 3*). Sin embargo, hay que tener en cuenta que una fusión sólida es más difícil de lograr en los deslizamientos de alto grado, lo que ha llevado a realizar procedimientos combinados (anterior y posterior), vertebrectomía y fusión, o el cruce de fragmentos óseos de injerto a través de un abordaje transpedicular.³⁰

Desgraciadamente, es poca la información de estas cirugías en los atletas, y tampoco existe información acerca de cuál es el tiempo óptimo para regresar a la actividad deportiva después de una fusión lumbar en atletas con espondilólisis o espondilolistesis, aunque en forma lógica debe ser cuando el atleta se encuentre libre de dolor, con un rango de movilidad lo más cercano posible a su



Figura 3. Arthrodesis L5-S1.

normalidad (en lo referente a fuerza, flexibilidad, y resistencia), además de la evidencia radiográfica de fusión sólida.

FRACTURAS POR FATIGA DEL SACRO

Las fracturas del sacro por estrés son una causa rara de dolor lumbar en atletas. Su prevalencia es desconocida, y aunque son frecuentes en el género femenino, también se han reportado en hombres. Estas fracturas son casi exclusivas de los atletas que practican carrera, ya sea de pista, campo o maratón.

Su presentación frecuentemente incluye un inicio insidioso de dolor lumbar o dolor de los glúteos, que se desarrolla en varias semanas, sin antecedente de traumatismo.

Los hallazgos a la exploración son hipersensibilidad paramedia lumbar y glútea. En las mujeres se debe interrogar acerca de hábitos alimenticios y frecuencia de menstruación, y solicitar exámenes de densitometría. En los casos positivos de densidad mineral disminuida, se debe considerar una fractura por insuficiencia, más que una fractura por fatiga y el tratamiento enfocado a corregir los factores predisponentes.³¹

La resonancia magnética parece ser el estudio de elección de esta patología y el tratamiento siempre es conservador, consistiendo en reposo y en evitar esfuerzos de carga. Se permite actividad en la medida de la tolerancia del individuo. El pronóstico es favorable, permitiendo el regreso a la actividad deportiva en un promedio de 6 semanas. Hay que considerar, sin embargo, que la mayoría de los pacientes reportan dolor persistente leve o intermitente.³¹

BIBLIOGRAFÍA

1. Brennan G, Shafat A, Mac Donncha C, Vekins C. Lower back pain in physically demanding college academic programs: a questionnaire based study. *BMC Musculoskeletal Disord* 2007; 8: 67-72.
2. Dreisinger TE, Nelson B. Management of low back pain in athletes. *Sports Med* 1996; 21: 313-320.
3. Ippolito E, Versari P, Lezzerini S. The role of rehabilitation in juvenile low back disorders. *Pediatr Rehabil* 2006; 9(3): 174-184.
4. Johnson AW, Weiss CB Jr, Stento K. Stress fractures of the sacrum in athletes. *M J Sports Med* 2001; 29: 498-508.
5. Trainor TJ, Weisel SW. Epidemiology of back pain in athletes. *Clin Sports Med* 2002; 21(1): 93-103.

6. Masiero S, Carraro E, Celia A, Sarto D, Ermani M. Prevalence of non specific low back pain in school children aged between 13 and 15 years. *Acta Paediatr* 2008; 97(2): 212-216.
7. Skofer B, Foldspang A. Physical activity and low-back pain in schoolchildren. *Eur Spine J* 2008; 17(3): 373-379.
8. Bono CM. Low back pain in athletes. *J Bone Joint Surg* 2004; 86-A(2): 382-396.
9. Green JP, Grenier SG, McGill SM. Low-back stiffness is altered with warm up and bench rest: implications for athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(7): 1076-1081.
10. Kujala UM, Oksanen A, Taimela S, Salminen JJ. Training does not increase maximal lumbar extension in healthy adolescents. *Clin Biomech* 1997; 12: 181-184.
11. Greene HS, Cholewicki J, Galloway MT, Nguyen CV, Radebold A. A history of low back pain injury is a risk factor for recurrent back injuries in varsity athletes. *Am J Sports Med* 2001; 29(6): 795-800.
12. Ogon M, Aleksiev AR, Spratt KF, Pope MH, Saltzman CL. Footwear affects the behavior of low back muscles when jogging. *Int J Sports Med* 2001; 22(6): 414-419.
13. Keene JS, Albert MJ, Springe SL, Drumond DS, Clancy WG. Back injuries in college athletes. *J Spinal Disord* 1989; 2(3): 190-195.
14. George SZ, Delitto A. Management of the athlete with low back pain. *Clin Sports Med* 2002; 21(1): 105-120.
15. Hosea TM, Gatt C, McCarthy KE, Langrana NA, Zawadsky JP. Analytical computation of rapid dynamic loading of the lumbar spine. *Trans Orthop Res Soc* 1989; 14: 359-362.
16. Hosea TM, Boland AL. Rowing injuries. *Postgrad Adv Sport Med* 1989; 3: 1-17.
17. Elliot B, Khangure M. Disk degeneration and fast bowling in cricket. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(11): 1714-1718.
18. Gatt CJ, Hosea TM, Palumbo RC, Zawadsky JP. Impact loading of the lumbar spine during football blocking. *Am J Sports Med* 1997; 25(3): 317-321.
19. Cappozzo A, Felici F, Figura F, Gazzani F. Lumbar spine loading during lifting of extremely heavy weights. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(10): 1179-1186.
20. Sward L, Hellstrom M, Jacobsson B, Nyman R, Petrsen L. Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnastic. A magnetic resonance imaging study. *Spine* 1991; 16(4): 437-443.
21. Ong A, Anderson J, Roche J. A pilot study of the prevalence of lumbar disc degeneration in elite athletes with lower back pain at the Sidney 2000 Olympic Games. *Br J Sports Med* 2003; 37: 263-266.
22. Sward L, Hellstrom M, Jacobsson B, Peterson L. Back pain and radiologic changes in the thoracolumbar spine of athletes. *Spine* 1990; 15: 124-129.
23. Bennett DL, Nassar L, DeLano MC. Lumbar spine MRI in the elite-level female gymnast with low back pain. *Skeletal Radiol* 2006; 35(7): 503-509.
24. Lundin O, Hellstrom M, Nilsson I, Sward L. Back pain and radiological changes in the thoracolumbar spine of athletes. A long term follow up. *Scand J Med Sci Sports* 2001; 11:103-109.
25. Videman T, Sarna S, Battie MC, Koskinen S, Gill K, Paananen H, Gibbons L. The long term effects of physical loading and exercise lifestyles on back-related symptoms, disability and spinal pathology among men. *Spine* 1995; 20(6): 699-709.
26. Lee CK, Kopacz KJ. Lumbar discogenic pain and instability. *North Am Spine Soc* 2002. Update 2: 333-342.
27. Standaert CJ, Herring SA, Halpern B, King O. Spondylolysis. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2000; 11(4): 785-803.
28. Cassidy RC, Shaffer WO, Johnson DL. Spondylolysis and spondylolisthesis in the athlete. *Orthopedics* 2005; 28(11): 1331-1133.
29. Muschik M, Hahnel H, Robinson PN., Perka C. Competitive sports and the progression of spondylolisthesis. *J Pediatr Orthop* 1996; 16(3): 364-369.
30. Kwon BK, Berta S, Daffner SD, Vaccaro AR, Hilibrand AS, Grauer JN, Beiner J. Radiographic analysis of transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of adult isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech* 2003; 16(5): 469-476.
31. Shah MK, Stewart GW. Sacral Stress fractures: an unusual cause of low back pain in an athlete. *Spine* 2002; 27(4): E104-8.