Espondilolisis en deportistas: Actualización y algoritmo de manejo

Dres. Maximiliano Barahona V[1], Ratko Yurac B[2], Jose Fleiderman V[3].

Abstract

Spondilolysis in athletes

Lumbar pain syndrome is a common cause of days lost from sport. In adolescents who play sports, lumbar pain syndrome longer than three weeks is spondylolysis until proven otherwise. The current consensus is that the spondylolysis corresponds to a stress fracture of the pars articularis that occurs in predisposing anatomy. The classic presentation is low back pain without radiation to the lower extremities which increases with hyperextension and subsides with rest, there are no sensitive or specific signs on physical examination. The initial imaging study is with computed tomography and bone scintigraphy. Multislice computed tomography with multiplanar reconstructions is the best test to diagnose lysis of the pars articularis. The treatment of choice is conservative, which has a 75-100% rate of succes. This treatment include relative rest until the cessation of pain, analgesics and an exercise program for the stabilization of the lumbar spine. There are several surgical techniques, which are indicated when pain persists for more than 6 months with a well run medical treatment. Buck´s technique is considered the standard. Good prognostic factors of treatment are early diagnosis, early presentation and being an athlete.

Key words: Athletes, Mechanical low back pain, Spondilolysis.

Resumen

El síndrome de dolor lumbar es una causa frecuente de perdida de días de actividad deportiva. En adolescentes que practican deporte, un síndrome de dolor lumbar de más de tres semanas de evolución obliga a descartar la espondilolisis como causa del dolor. El consenso actual es que la espondilolisis corresponde a una fractura por estrés que se produce en una anatomía predisponente. La forma de presentación clásica es con dolor lumbar sin irradiación a extremidades inferiores que aumenta con la hiperextensión y cede con el reposo, no existen signos sensibles ni específicos en el examen físico. El estudio inicial con imágenes es con tomografía computada y cintigrama óseo. La tomografía computada multicorte con reconstrucciones multiplanares es el mejor examen para visualizar la lisis. El tratamiento de elección es médico, el cual tiene un éxito entre 75-100% de los casos y debe incluir reposo relativo hasta el cese del dolor, analgésicos y un programa de ejercicios para la estabilización de la columna lumbar. Existen varias técnicas quirúrgicas, la cuales están indicadas cuando el dolor persiste por más de 6 meses con un tratamiento médico bien llevado, siendo la de Buck el estándar. Factores de buen pronóstico del trata-

1.Médico Cirujano Universidad de Chile, Magíster en Bioestadística Universidad de Chile, Residente Traumatología Universidad de Chile.
2. Traumatólogo especialista en cirugía de Columna Hospital del Trabajador Santiago. Coordinador Post Grado Ortopedia y Traumatología Hospital del Trabajador.
3. Traumatólogo especialista en cirugía de Columna Hospital del Trabajador Santiago. Jefe equipo columna Hospital del Trabajador Santiago.

Recibido: 11/11/2013
Aceptado: 28/01/2014

Correspondencia:
Dr. Maximiliano Barahona V.
Maxbarahonavasquez@gmail.com

No hubo financiamiento

Carta de autorización para reproducción de figuras del autor[17].

Barahona M, et al. Espondilolisis en deportistas: Actualización y algoritmo de manejo. Rev Chil Ort y Traum 2014; 55(1): 19-26.

miento son diagnóstico precoz, edad temprana de presentación y ser deportista.
Palabras clave: Deportistas, Dolor lumbar mecánico, Espondilolisis.

Introducción

El dolor lumbar es una importante causa de días perdidos de entrenamiento en deportistas. El mayor porcentaje de estos cuadros son de causa no estructural y tienen una evolución autolimitada, no requiriendo mayor estudio. Sin embargo, existe un porcentaje que tiene una causa estructural identificable y tratable, siendo en adolescentes la causa más frecuente la espondilolisis[1].

En adolescentes sedentarios la incidencia de dolor lumbar es menor que en adolescentes deportistas. En el primer grupo, se debe descartar espondilodiscitis y neoplasias. Por el contrario, en el segundo grupo, las lesiones por sobreuso han aumentado, dado que cada vez existen más actividades deportivas organizadas, de mayor demanda y mayor profesionalismo[2,3]. Es así, como en adolescentes deportistas con síndrome de dolor lumbar de más de 3 semanas de evolución el diagnóstico es espondilolisis hasta que se demuestre lo contrario[4].

Caso clínico

RMA, sexo femenino de 14 años jugadora de voleibol a nivel escolar. Consulto por dolor lumbar puro, inicialmente fue estudiada con resonancia magnética (RM) de columna lumbar y se diagnosticó dolor lumbar de origen facetario. Dado la persistencia del dolor, edad y antecedentes deportivos se sospechó espondilolisis, siendo confirmada por tomografía computada (TC) y Cintigrama óseo, diagnosticándose una lesión subaguda de la pars articular de L3 bilateral (Figura 1). Se inició tratamiento con reposo y corsé. Evoluciona en forma tórpida, con mejoría transitoria del dolor y recaídas al retirar órtesis y/o iniciar actividad deportiva. Tras 6 meses de tratamiento conservador, se decide realizar fijación con tornillos pediculares en L3 con ganchos a lamina (Figura 2). Post operatorio favorable, se indicó corsé por 1 mes y terapia física, al sexto mes se evidenció consolidación radiológica y se inició reacondicionamiento físico. Completado un programa de 6 semanas, se inició reintegro deportivo progresivo. Al control al año post operatorio, asintomática, presentaba flexo-extensión completa de columna lumbar y jugando vóley al mismo nivel previo a la lesión.

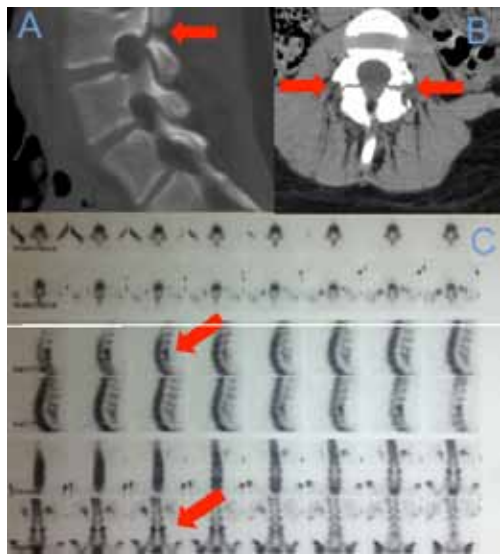


Figura 1. Tomografía computada y cintigrama óseo, estudio con el cual se realizó diagnóstico inicial de espondilolisis subaguda, iniciándose tratamiento médico. (A) corte Sagital sonde se evidencia el defecto de la pars señalado con flecha roja. (B) corte coronal donde se evidencia defecto bilateral de la pars. (C) cintigrama óseo transversal, sagital y coronal donde se evidencia zona hipercaptante en pars articular de L3.

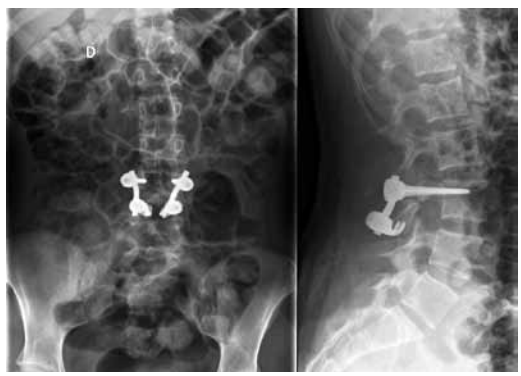


Figura 2. Radiografía control post operatoria

Definición

La espondilolisis es un defecto de la pars articular, la que corresponde a la unión del pedículo con la articulación facetaria y la lámina. Esta lesión puede presentarse en forma uni o bilateral y afectar más de 1 segmento. En general, cuando la lesión es bilateral las lesiones son asincrónicas[5].

Patogenia

La espondilolisis es considerada una lesión por stress o sobreuso. Los movimientos de hiperextensión y/o de rotación repetitivos provocarían micro traumas en la pars articular. Muy infrecuentemente la lesión se produce por un trauma directo[6].

Sin embargo, estos mecanismos repetitivos, por si solos, no son suficiente para producir la lesión y existen factores anatómicos que predisponen a esta patología. Varios estudios han identificado un patrón hereditario, dado que entre un 15-70% de los pacientes que cursan con una espondilolisis tienen un familiar de primer grado con el antecedente de la misma lesión[7].

También han sido involucrados alteraciones durante el desarrollo embrionario. Se ha visto que los pacientes con espondilolisis presentan pedículos displásicos, una pars articular más elongada y esclerosada y una mayor asociación con espina bífida oculta. Además, en estudio comparativo entre pacientes sin espondilolisis y adolescentes con la patología, se observó que estos últimos presentan un menor incremento de la distancia interfacetaria, de cefálico a caudal, en la columna lumbar[6-8].

Aun cuando la patogenia de la espondilolisis sigue siendo controversial, el consenso actual es que corresponde a una lesión por micro-trauma repetitivo en una columna anatómicamente predispuesta.

Epidemiología[9]

La prevalencia de la espondilolisis en población general es de un 6%. Varios reportes muestran una mayor incidencia en deportistas que en la población general. Sin embargo, el estudio realizado por Soler, *et al*[9]. en el que se examinaron a 3.152 atletas de elite, se observó una prevalencia de 8.02%. En el mismo estudio, al desglosar por deportes, se observó que hay deportes con mayor prevalencia de la enfermedad, siendo estos, los deportes de lanzamiento (Jabalina, disco, martillo y bala), remo, gimnasia y halterofilia. Además, se pesquisó que, del total de pacientes con espondilolisis, un 30% presentaban algún un grado de espondilolistesis, siendo significativamente mayor en mujeres (40.96%) que en hombres (25.28%).

La ubicación más frecuente es en L5 (84.29%), debido a que es la vértebra sujeta a mayor carga dinámica y estática durante en las actividades diarias y deportivas. La segunda vertebra más frecuentemente afectada es L4 (11%). Se describen casos en vertebras de transición y también en cervicales. Sin embargo, estas últimas son anecdóticas.

Relación con espondilolistesis

La espondilolisis bilateral provocaría una inestabilidad en el complejo posterior de la vértebra, lo que provoca que el segmento sea hipermóvil. El riesgo es mayor a menor edad del paciente y en mujeres[5,9].

Sairyo, *et al.* postulan que en esqueletos inmaduros, la espondilolisis provocaría mayor estrés sobre la físis durante la actividad diaria. La mantención de este mecanismo provocaría una fractura de la físis con lo cual se desarrollaría la olisteis[4,5,7].

Clínica

La mayoría de los casos son asintomáticos. Cuando produce síntomas, el paciente consulta por dolor lumbar que aumenta en hiperextensión y cede con reposo. Se debe sospechar siempre en un adolecente deportista con dolor lumbar de 3 semanas de evolución[10].

En algunas ocasiones puede tener irradiación a los glúteos o esclerotógena y en un porcentaje menor, irradiación ciática. En este último caso se debe sospechar la presencia de espondilolistesis[7].

Examen físico

No existen test específicos ni sensibles en el examen físico que orienten al diagnóstico de la espondilolisis. En la inspección se debe buscar estigmas de espina bífida oculta. Clásicamente, se describe la prueba "Hiperextensión en una pierna" (*one legged hyperextension test*), sin embargo, presenta bajo poder de discriminación, reportándose especificidad de 45-67% y sensibilidad de 50-55%[11]. Otro hallazgo, es un falso test elevación pierna extendida (TEPE) o pseudo-Lassege por acortamiento de isquiotibiales[10].

Estudio imagenológico

Su utilidad incluye confirmar el diagnóstico, determinar si el compromiso es bilateral y descartar otras lesiones.

También permite establecer la evolutividad de la lesión, es decir si aguda o crónica, lo cual es importante para definir la conducta y el pronóstico de consolidación de la lesión. Finalmente, permite realizar el seguimiento del paciente[8].

a) Radiografía

En la radiografía el defecto de la pars articular se observa como una línea radiolúcida. En etapas tempranas de la espondilolisis el defecto de la pars es fino y sin desplazamiento, lo que hace difícil su detección. Aún más, lesiones de estrés como el edema óseo, considera etapa previa a la fractura de la pars, son más difíciles de detectar[8].

Sin embargo, cuando hay desplazamiento en la pars articular el diagnóstico puede ser fácilmente realizado mediante una radiografía. Son útiles para el diagnóstico las proyecciones anteroposterior, lateral, lateral colimada y oblicuas[8].

En la proyección anteroposterior se pueden observar signos indirectos como esclerosis en el pedículo contralateral y desviación contralateral del proceso espinoso. En las proyecciones oblicuas se debe identificar el clásico "Scotty dog" y buscar la lesión en el "cuello", el cual corresponde a la pars articular. En esta proyección solo se observa el defecto cuando el defecto es perpendicular al rayo, sin embargo, estudios en TC muestran que el defecto en la mayoría de los casos está en el plano coronal, lo cual también explica el mejor rendimiento de la proyección lateral colimada[8,12].

b) Tomografía computada (TC)

TC multicorte y con reconstrucciones multiplanares es el estudio imagenológico con mayor capacidad de detectar la fractura de la pars articular[8].

Otra contribución del TC es orientar si la fractura es crónica o activa. En el caso de defectos amplios y con un gran margen esclerótico orientan a una lesión crónica. Por el contrario lesiones lineales (delgadas), sin esclerosis orientan a lesiones agudas. Finalmente el TC es de utilidad para el seguimiento del paciente, sobre todo en aquellos casos de tratamiento quirúrgico.

c) Resonancia magnética (RM)

La lesión de la pars articular se observa mejor en las imágenes de T1, en donde se observa un mayor contraste entre la intensidad de la medula ósea y el espacio de la cortical ósea de la pars articular afectada[8].

Las imágenes de T2 permiten establecer la evolutividad de la lesión. Si hay una imagen hiperintensa en T2 implica que el defecto es agudo. Mientras que una intensidad intermedia implica la presencia de fibrocartílago y la lesión es Intermedia. Por ultimo si la señal es baja en T2 implica la presencia de osteofibrosis por lo que la lesión es Crónica. Sairyo, *et al*. establecieron 4 categorías según la intensidad de la señal de T2. Estas fueron: "Muy temprana", "Temprana", "Progresiva" y "Terminal", esta graduación se correlaciona con el pronóstico de consolidación, siendo del 100% en las muy tempranas y de 0% en las terminales. Sin embargo, el estudio tiene un "n" bajo, 29 casos en total y 3 en las últimas dos categorías[13].

Estudio

El estudio inicial con RM ha sido propuesto, sin embargo, presenta una mayor tasa de falsos

negativos en comparación con el uso de cintigrama ósea + TC, lo cual queda ejemplificado en el caso clínico[11].

El algoritmo propuesto para el estudio, basado en la revisión de la literatura, de un dolor lumbar de más de 3 semanas de evolución en un adolescente deportista, es inicialmente con TC más un cintigrama óseo (Figura 3). En caso de que el cintigrama óseo resulte hipercaptante en un segmento de la columna secundario a la formación ósea, se considera positivo el examen y se debe buscar la lisis en el TC. Este examen confirmará la espondilolisis o mostrará la presencia de otra patología hipercaptante como osteoma osteoide, osteoblastoma o lesiones facetaria[4].

Si el cintigrama es negativo, pero el TC se observa una espondilolisis, entonces ésta se encuentra en una fase inactiva, por lo tanto de mal pronóstico con el tratamiento médico. Como paso previo a la cirugía algunos autores sugieren realizar un bloqueo anestésico directo a la pars articular para confirmar que el defecto es el origen del dolor. Si el cintigrama y el TC resultan negativos para espondilolisis, se sugiere continuar el estudio del dolor lumbar con RM[4].

Tratamiento

a) Médico

El tratamiento médico es de primera elección. La tasa de éxito reportada va del 75 al 100%. En el caso de las lesiones unilaterales la consolidación es cercana al 100%, mientras que en los casos bilaterales la tasa baja a un 50%. Cabe señalar que el éxito del tratamiento se considera cuando el paciente puede volver a realizar su actividad deportiva sin dolor, lo

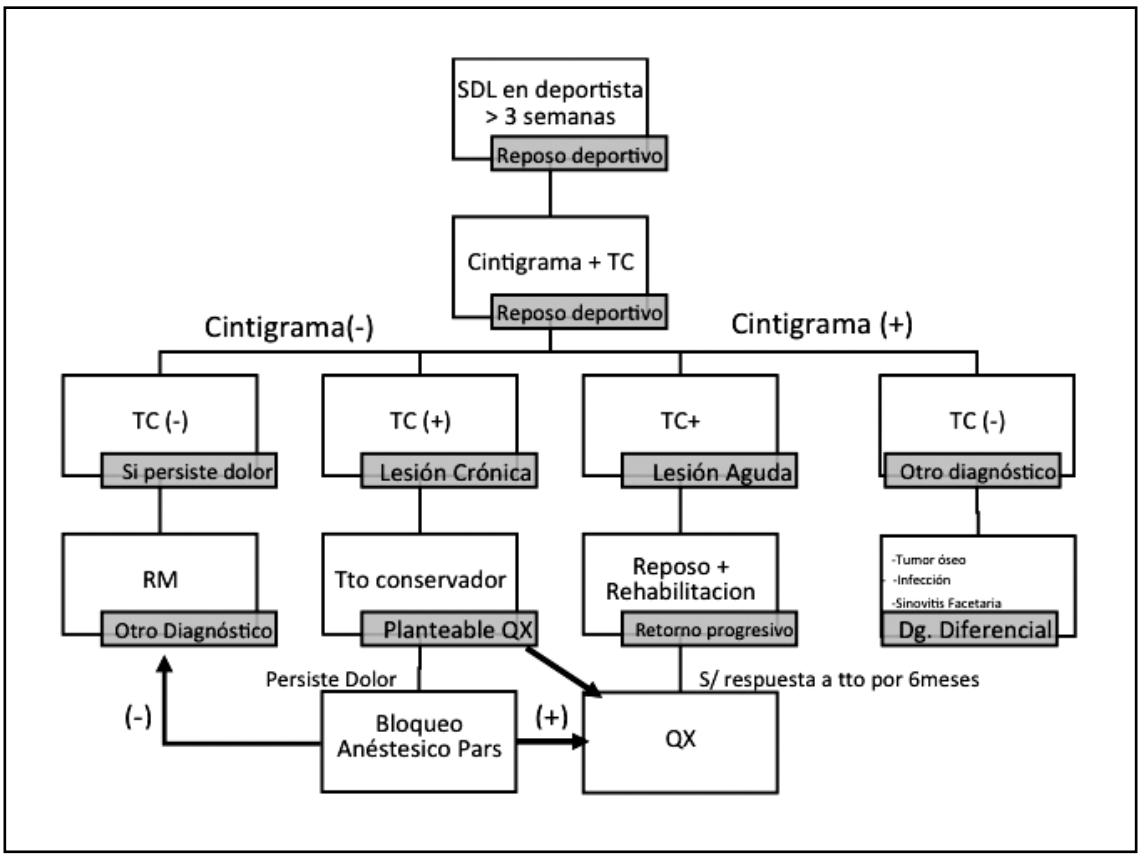


Figura 3. Algoritmo de manejo.

SDL= Síndrome de dolor lumbar. Tc= Tomografía Computada. RM= Resonancia Magnética. Qx: Cirugía

cual ocurre independiente de que el defecto presente signos de consolidación en un estudio radiográfico[5,14].

El tratamiento se inicia con el reposo, el cual es relativo y consiste en que el paciente evite aquellos gestos que le provocan dolor. Por consiguiente el paciente debe suspender su actividad deportiva, no realizar actividades con carga y evitar movimientos de hiperextensión o extensión más rotación. A esto se debe agregar el uso de analgésicos y antiinflamatorios[15].

Respecto al uso de órtesis o fajas, no existen estudios que demuestren beneficios en su uso. Por el contrario un estudio demostró que los individuos tratados con inmovilización iniciaron con mayor dificultad su plan de fortalecimiento muscular, con lo cual demoraron en promedio un mes más en retornar al deporte. Por lo tanto, la recomendación actual, es usarle en casos particulares en los cuales ofrezca un beneficio "psicológico"[4].

La segunda etapa tiene como objetivo la rehabilitación de la columna lumbar y la reeducación del balance y fuerza muscular. Esto se debe iniciar tan pronto como el paciente este sin dolor. En caso de aparecer dolor se debe volver al reposo o una rutina de ejercicios de menor intensidad según el momento en que se reinicie los síntomas[4,5].

La tercera etapa, es la reinserción del deportista. Esto debe ser progresivo y de la mano del avance en el balance muscular y la capacidad aeróbica[15,16].

b) Quirúrgico

El tratamiento quirúrgico se utiliza en los casos de falla del tratamiento médico definido como persistencia del dolor lumbar durante 6 meses, a pesar de un tratamiento médico bien llevado, como se ejemplifica en el caso clínico. Otras indicaciones son dolor lumbar progresivo, aparición y/o progresión de déficit neurológico y/u olistesis[4,16].

Entre las alternativas de tratamiento se encuentra la fijación del segmento o la reparación directa de la pars articular. En el primer caso, se considera agresivo en el caso de espondilolisis pura, dado las consecuencias de dejar sin movilidad un segmento a tan temprana edad. La técnica básica de la reparación directa de la pars articular comprende un abordaje posterior por línea media, preservar las capsulas facetarias, remover el tejido fibroso de la lisis y cubrir el defecto con injerto óseo de la cresta iliaca[17].

Las distintas técnicas descritas se describen a continuación y se presenta un esquema de ellas en Figura 4.

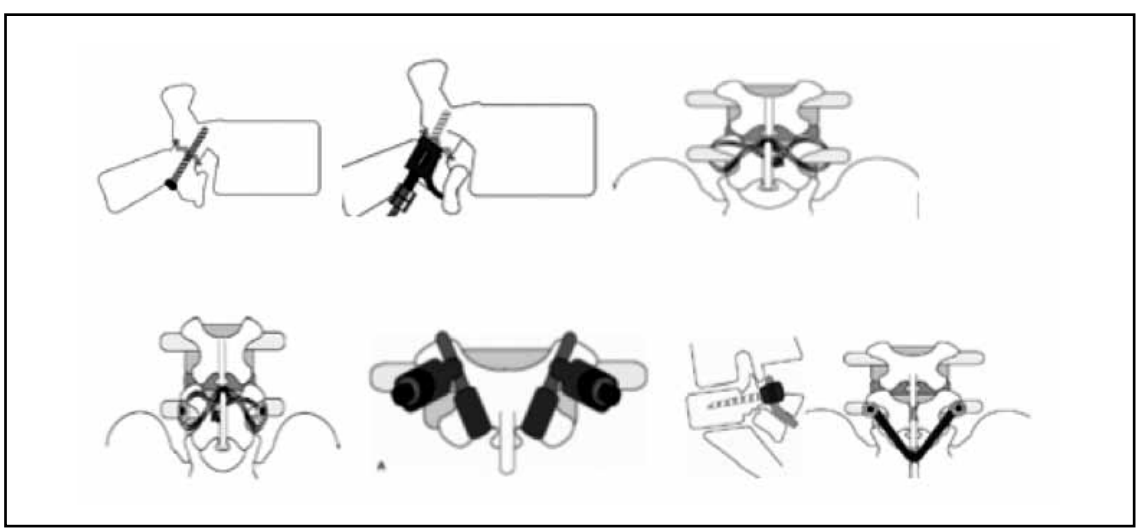


Figura 4. Muestra esquemas de las técnicas quirúrgicas disponibles. De izquierda a derecha y de superior a inferior: Buck, Morscher, Scott, Songer, Tornillos pediculares más ganchos a la lámina y Tornillos pediculares más gancho en "V". Figuras extraídas con autorización del autor principal del reporte de Draz.

En 1968 Kimura describió la técnica sin instrumentación colocando injerto óseo en el defecto, esta técnica actualmente está abandonada. En el mismo año Scott agregó al relleno del defecto óseo, el uso de un cerclaje en "8". Hioki, *et al*. reportan el uso de esta técnica en 45 pacientes, 9 de los cuales presentaron no unión[18].

En 1970 Buck describe la osteosíntesis directa de la pars con tornillo canulado. Tiene una alta tasa de éxito reportándose entre 90 a 100%, pero es considerada una técnica que requiere alta habilidad quirúrgica[19].

En 1984, Morscher modifica la técnica de Buck agregando al tornillo a la pars articular un gancho a la lámina. De 1998 en adelante aparecen las técnicas en las cuales se utilizan tornillos pediculares para estabilizar el defecto[7,17].

En un análisis de la literatura en el cual se incluyeron 9 estudios, 1 de ellos prospectivo, totalizando 84 atletas y 279 no atletas, se concluye que a menor edad, el éxito del tratamiento con reparación directa de la pars es mayor, siendo la edad de corte los 20 años. Desde la técnica de Buck hacia adelante las tasas de éxito son parecidas[17].

En 2013 Widi, *et al*. Reportan 3 casos de tratados por técnica mínimamente invasiva. La duración mínima de los síntomas fue 8 meses y la edad de los pacientes era de 17, 20 y 25 años. La técnica corresponde a una modificación de la técnica de Buck. Los 3 pacientes descritos en el reporte presentaron signos de consolidación a los 3 meses y retornaron a su actividad deportiva[20].

Retorno deportivo

El retorno a la actividad deportiva del mismo nivel previo a la enfermedad, ocurre a los 3-6 meses en el caso del tratamiento médico exitoso. En el caso del tratamiento quirúrgico este ocurre a los 6 meses post procedimiento. Es necesario señalar al deportista desde el inicio del tratamiento que el reposo va a ser prolongado y que debe ser paciente de tal forma de evitar frustraciones y se cumplan todas las etapas de la rehabilitación[4,5,17].

El alta al retorno deportivo se puede dar cuando el deportista se encuentra en una capacidad aeróbica óptima, completando el programa de estabilización muscular y cuando los ejercicios técnicos específicos de la especialidad que practica no provoquen dolor. En el caso de la cirugía, el retorno deportivo requiere además evidencias de consolidación en el estudio imagenológico[4,5,16].

El programa de estabilización propuesto es la escala de Watking Randall, el cual contiene 8 ítems, 1 de ejercicios aeróbicos y 7 que incluyen abdominales y ejercicios para el fortalecimiento de la musculatura paravertebral. Cada ítem tiene 5 escalas progresivas de menor a mayor intensidad. El programa debe ser realizado en forma progresiva y sin dolor. El deportista se considera en condiciones de volver cuando es capaz de realizar el nivel 3 en todos los ítems en el caso de los deportistas amateurs o de fin de semana. En el caso de los deportistas profesionales o de elite se debe exigir al menos el nivel 4 e idealmente el nivel 5[4]. En caso de tratamiento quirúrgico, el plan de estabilización se recomienda iniciar 10 semanas post operado.

Una vez retornado al deporte, el ideal es mantener realizando el programa de estabilización muscular dado que previene nuevas lesiones[16].

Prevención[21]

No existen medidas específicas para prevenir la espondilolisis. Sin embargo, es conocido que un deportista con el fin de evitar lesiones por sobreuso debe agregar a su entrenamiento específico del deporte que realiza, descanso activo y ejercicios de resistencia muscular, de flexibilidad y de rango articular.

Adicionalmente en los adolescentes deportistas se debe estar alerta a que realizan un descanso activo adecuado, con el fin de evitar el síndrome de sobre entrenamiento y *burn out*.

Puntos claves

- Síndrome de dolor lumbar de más de tres semanas de evolución asociado a actividad deportiva: Espondilolisis hasta que se

demuestre lo contrario.
- Patogenia poco Clara. Consenso actual: fractura por estrés que se produce en una anatomía predisponente.
- No hay signos sensibles ni específicos en el examen físico.
- Estudio de inicio en pacientes con sospecha de espondilolisis es tomografía computada y cintigrama óseo.
- Tratamiento de elección: Médico
- Poca evidencia en TTO Quirúrgico. Técnica estándar es la descrita por Buck.
- Requiere tiempos de reposo deportivo prolongado.
- Tiene un alto porcentaje de éxito con los distintos tratamientos. Factores de buen pronóstico son diagnóstico precoz, edad temprana de presentación y ser deportista.

Agradecimientos

Doctor J. Patrick Johnson, quien autorizó el uso de las ilustraciones de las cirugías en espondilolisis.

Referencias bibliográficas

1. Bono CM. Low-back pain in athletes. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2004; 86(2): 382-396.
2. Haus BM, Micheli LJ. Back Pain in the Pediatric and Adolescent Athlete. Clinics in Sports Medicine. 2012 Jul; 31(3): 423-440.
3. Hasler CC. Back pain during growth. Swiss Med Wkly. 2013; 143: w13714.
4. Watkins IV RG, Watkins III RG. Lumbar Spondylolysis and Spondylolisthesis in Athletes. Seminars in Spine Surgery [Internet]. 2010 [cited 2013 Jul 12]. p. 210–7. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040738310000729
5. Foreman P, Griessenauer CJ, Watanabe K, Conklin M, Shoja MM, Rozzelle CJ, et al. L5 spondylolysis/spondylolisthesis: a comprehensive review with an anatomic focus. Child's Nervous System 2013; 29(2): 209-216.
6. Takemitsu M, El Rassi G, Woratanarat P, Shah SA. Low back pain in pediatric athletes with unilateral tracer uptake at the pars interarticularis on single photon emission computed tomography. Spine. 2006; 31(8): 909-914.
7. Hu SS, Tribus CB, Diab M, Ghanayem AJ. Spondylolisthesis and spondylolysis. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2008; 90(3): 656-671.
8. Leone A, Cianfoni A, Cerase A, Magarelli N, Bonomo L. Lumbar spondylolysis: a review. Skeletal radiology. 2011; 40(6): 683-700.
9. Soler T, Calderón C. The prevalence of spondylolysis in the Spanish elite athlete. The American journal of sports medicine. 2000; 28(1): 57-62.
10. Gurd DP. Back pain in the young athlete. Sports Medicine and Arthroscopy Review 2011; 19(1): 7-16.
11. Masci L, Pike J, Malara F, Phillips B, Bennell K, Brukner P, et al. Use of the one-legged hyperextension test and magnetic resonance imaging in the diagnosis of active spondylolysis * Commentary * Commentary. British Journal of Sports Medicine. 2006 Sep 15; 40(11): 940-946.
12. Tallarico RA, Madom IA, Palumbo MA. Spondylolysis and spondylolisthesis in the athlete. Sports medicine and arthroscopy review. 2008; 16(1): 32-38.
13. Sairyo K, Katoh S, Takata Y, Terai T, Yasui N, Goel VK, et al. MRI signal changes of the pedicle as an indicator for early diagnosis of spondylolysis in children and adolescents: a clinical and biomechanical study. Spine 2006; 31(2): 206-211.
14. Guillodo Y, Botton E, Saraux A, Le Goff P. Contralateral spondylolysis and fracture of the lumbar pedicle in an elite female gymnast: a case report. Spine. 2000; 25(19): 2541-2543.
15. Sys J, Michielsen J, Bracke P, Martens M, Verstreken J. Nonoperative treatment of active spondylolysis in elite athletes with normal X-ray findings: literature review and results of conservative treatment. European Spine Journal. 2001; 10(6): 498-504.
16. Radcliff KE, Kalantar SB, Reitman CA. Surgical management of spondylolysis and spondylolisthesis in athletes: indications and return to play. Current sports medicine reports. 2009; 8(1): 35-40.
17. Drazin D, Shirzadi A, Jeswani S, Ching H, Rosner J, Rasouli A, et al. Direct surgical repair of spondylolysis in athletes: indications, techniques, and outcomes. Neurosurgical focus 2011; 31(5): E9.
18. Hioki A, Miyamoto K, Sadamasu A, Nozawa S, Ogawa H, Fushimi K, et al. Repair of pars defects by segmental transverse wiring for athletes with symptomatic spondylolysis: relationship between bony union and postoperative symptoms. Spine. 2012; 37(9): 802-807.
19. Reitman CA, Esses SI. Direct repair of spondylolytic defects in young competitive athletes. The Spine Journal. 2002; 2(2): 142-144.
20. Widi GA, Williams SK, Levi AD. Minimally Invasive Direct Repair of Bilateral Lumbar Spine Pars Defects in Athletes. Case reports in medicine [Internet]. 2013 [cited 2013 Jul 12] 2013. Available from: http://www.hindawi.com/crim/medicine/2013/659078/
21. Carter CW, Micheli LJ. Training the Child Athlete for Prevention, Health Promotion, and Performance: How Much Is Enough, How Much Is Too Much? Clinics in Sports Medicine 2011; 30(4): 679-690.