

EFFECTS OF EXERCISE ON CRYSTALLURIA

EFFECTS OF EXERCISE ON CRYSTALLURIA

1. INTRODUCCIÓN

La cristaluria es un importante factor predictivo del riesgo de litogénesis y de recidiva litiásica^{19,29}, a pesar de que se trata de un hallazgo bastante habitual en el sedimento de orinas normales, y de que por sí misma no distingue entre sujetos sanos y litiásicos^{8,15,27}, siendo considerada, por tanto, y hasta cierto punto, como un hecho fisiológico.

2. CARACTERÍSTICAS Y CLASES DE CRISTALURIAS

En condiciones normales las orinas recién emitidas pueden presentar cristalurias de oxalato cálcico y/o fosfato cálcico amorfo^{1,8}, en número que puede oscilar entre 0 y 200 cristales/ml de centrifugado, y de un tamaño que puede oscilar entre 2-10 μ^3 ^{17,18}, pudiendo existir en ocasiones cristales o agregados mayores¹⁵. Por otra parte, la presencia de cristales de oxalato cálcico y/o de fosfato cálcico amorfo en orinas no recientes no debe ser valorada como necesariamente indicativa de nefrolitiasis¹.

Las características de la cristaluria presentada por los pacientes afectados de nefrolitiasis idiopática recurrente se diferencia de la "fisiológica" por presentar, además del anterior, un segundo pico de partículas mucho más grandes (20-40 $\mu\mu$; de diámetro), las cuales han sido identificadas principalmente como cristales de oxalato cálcico dihidrato (weddelita), pudiendo contener también oxalato cálcico monohidrato (whewellita) y

el resto de sales litógenas, aunque en mucha menor cantidad^{17,18}. En efecto, la presencia en el sedimento urinario de cristales de cistina, fosfato amónico magnésico, ácido úrico, y/o de fosfato u oxalato cálcico no reaccionales son siempre anormales, y pueden ser indicativos del tipo de cálculo que presenta o va a presentar el enfermo¹. Estos cristales pueden presentarse en forma de agregados de hasta 200 $\mu\mu$ ^{17,18}.

Para Pinto¹⁵, los pacientes litiásicos se distribuyen entre aquellos cuyo número y tamaño de cristales es normal, aquellos que presentan un mayor número de cristales, pero sin ser de mayor tamaño, y aquellos con una cristaluria no excesiva en cuanto al número, pero sí en lo que se refiere al tamaño de los cristales (mayor de 12 μ^3 , pudiendo superar en algunos casos las 100 μ^3).

En cualquier caso, y con independencia de todo lo comentado, la existencia de cristaluria es la antesala y el exponente más claro del riesgo de sufrir nefrolitiasis^{19,29}.

3. EJERCICIO FÍSICO PROLONGADO Y CRISTALURIA

Clásicamente, se ha considerado al ejercicio físico como un factor de riesgo de la nefrolitiasis^{2,10,12,20-23,26}, debido fundamentalmente a la oliguria, acidez urinaria, hipocitruuria, hiperuricuria, y/o hipercalcemia²³, que supuestamente se producen durante el mismo, lo cual en principio debería comportar un aumento de la cristaluria.

Jesús Esteve Claramunt¹

Joaquín Montoliu Nebot²

Consolación García Lucerga³

Antonio Iradi Casal⁴

Argimiro Rodríguez Jerez⁵

¹Doctor en Medicina y Cirugía. Médico especialista en Urología.

²Doctor en Medicina y Cirugía. Médico especialista en Medicina del Deporte.

Novodieta S.L.
³Profesora Titular de Fisiología y el Deporte. Unitat de Investigació en Fisiologia del Exercici Físic i el Deporte. Universitat de Valencia.

⁴Profesor Titular de Fisiología. Unitat de Investigació en Fisiologia del Exercici Físic i el Deporte. Departament de Fisiologia. Universitat de Valencia.

⁵Profesor Titular de Fisiología. Unitat de Investigació en Fisiologia del Exercici Físic i el Deporte. Departament de Fisiologia. Universitat de Valencia.

CORRESPONDENCIA:

Dra. Dña. Consolación García Lucerga. C/ Fernando el Católico, 66, 5º, pta 9. 46008 Valencia
E-mail: Consolaciongarcia-lucerga@uv.es

Aceptado: 25.04.2002

3.1. Influencia según el nivel de entrenamiento y antecedentes patológicos

En este sentido, Irving *et al.*¹⁰, realizaron un estudio casos (fondistas)-control (sedentarios), en sujetos varones, sin antecedentes de nefrolitiasis, en el que analizaron la cristaluria de ambos grupos, antes, durante y hasta 10 días después de la realización por los fondistas de una carrera de maratón. Estos autores observaron durante todo el estudio, tanto en los controles como en los corredores, unas cristalurias de características similares en cuanto a tamaño, morfología, composición y agregación a las descritas por Robertson, y Peacock¹⁷; y por Robertson, Peacock, y Nordin¹⁸, para sujetos normales y pacientes afectados de nefrolitiasis idiopática recurrente, respectivamente. Para los autores del estudio la presencia de estas grandes partículas en la orina de los corredores de maratón podría ser resultado de la formación, crecimiento y agregación de los cristales existentes en una orina que se encuentra sobresaturada como consecuencia de la deshidratación existente durante el maratón. Tras contemplar la posibilidad de que tales partículas no fueran más que «artefectos» leídos como cristales por el contador de partículas, los autores se inclinaron finalmente por la posibilidad de que el ejercicio físico de larga duración pueda producir microtraumatismos que provocarían el desprendimiento de restos celulares epiteliales que actuarían, a su vez, como matriz orgánica sobre la que precipitarían y se agregarían los cristales. La deshidratación y la posible existencia concomitante de otros factores no identificados harían que el tiempo de permanencia de los cristales en la vía urinaria fuera el suficiente para crecer rápidamente hasta quedar atrapados y obstruir los túbulos renales. Este proceso coincidiría con la teoría de Carr³ sobre la etiopatogenia de la nefrolitiasis y ha sido descrito también por Finlayson⁵, y Finlayson y Reid⁶. La expulsión de estas “partículas” continuaría durante varios días después del maratón, lo cual podría explicar las características invariables de la cristaluria durante todo el tiempo del estudio. Finalmente, estos autores concluyen que, puesto que la cristaluria formada por cristales de gran tamaño está asociada a

nefrolitiasis^{5,15}, y que las características de la cristaluria encontrada en los corredores de maratón es similar a la de los pacientes afectados de litiasis idiopática recurrente^{17,18}, los corredores de maratón tienen aumentado el riesgo de sufrir nefrolitiasis.

3.2. Influencia según el sexo

Siguiendo esta misma línea de investigación, Rodgers *et al.*²⁰, realizaron un estudio similar sobre corredores de ultramaratón, varones y hembras, encontrando en los hombres cristalurias de características similares a las descritas por Irving *et al.*¹⁰, salvo en el número, donde fueron más escasos. En las mujeres, por el contrario, las características de cristaluria fue similar a la de los controles, no encontrando explicación a este hecho. Los autores concluyen que los corredores de ultramaratón varones tienen aumentado el riesgo de sufrir nefrolitiasis, aunque no más que los corredores de maratón, y que este riesgo no existe en mujeres. La relativa abundancia de diferentes sales urinarias junto a la escasez selectiva de sales y cristales de oxalato cálcico dihidrato inmediatamente después del ultramaratón, asociado a la abundancia de éstos últimos 11 días después de la prueba, sugiere a los autores la posibilidad de que durante el ejercicio físico exista algún sitio de unión o atrapamiento en el tracto urinario con selectividad específica por los cristales de oxalato cálcico, en tanto que el resto de sales urinarias se excretarían sin ninguna dificultad.

3.3. Influencia entre sujetos sanos y nefrolitiásicos

Con el fin de proseguir la investigación sobre la posible relación entre la cristaluria y el ejercicio físico, Rodgers, Greyling y Noakes²¹, realizaron otro estudio casos-control en el que caracterizaron la cristaluria de siete corredores con antecedentes de nefrolitiasis, de los cuales en dos casos los antecedentes eran anteriores al inicio de la práctica de ejercicio físico. Los resultados de este estudio mostraron en los corredores de maratón sanos (controles) una cristaluria de características similares a las encontradas en los dos estudios anteriores^{10,20}; sin embargo, los co-

rededores con antecedentes de nefrolitiasis (casos) presentaron una curva de distribución volumen - tamaño trinodal, con picos bien definidos en el rango de 2,5, 9,0 y 25-32 μ^3 de diámetro, respectivamente. Como en el estudio anterior, los corredores sin antecedentes de nefrolitiasis presentaron pocos cristales de oxalato cálcico dihidratado en las orinas postejercicio, siendo relativamente más numerosos en los que tenían antecedentes con posterioridad al inicio de la práctica de ejercicio físico; sin embargo, en los dos corredores con antecedentes de nefrolitiasis previos al inicio de la práctica deportiva éstos eran más grandes, más numerosos, y con abundante material mucoide formando grandes agregados, los cuales presentaron además cristales de oxalato cálcico monohidrato. Dicho material mucoide no se encontró en ningún otro caso. Para los autores, la existencia del tercer pico de 9,0 $\mu\mu$; para el que no encuentran explicación, unido a la existencia de un mayor número y tamaño de las partículas, hace que la formación de cálculos pueda estar acelerada y que, por tanto, el riesgo de nefrolitiasis sea mayor en los corredores con antecedentes de nefrolitiasis. Por otra parte, la existencia de numerosos cristales de oxalato cálcico junto con abundante material mucoide en las orinas de los dos casos con antecedentes de nefrolitiasis previa al ejercicio, y su ausencia en la orina de los cinco corredores con antecedentes de nefrolitiasis posterior al inicio de la práctica de ejercicio físico, les sugiere la existencia de diferentes mecanismos etiopatogénicos en el desarrollo de la nefrolitiasis. Los autores concluyen que mientras los corredores con antecedentes de nefrolitiasis pueden tener un riesgo «crónico» de formación de cálculos, debido a la existencia de «otros» factores etiológicos que se verían aumentados con el ejercicio físico de larga duración, los corredores sin antecedentes de nefrolitiasis pueden sufrir un riesgo agudo, debido a la deshidratación y a microtraumatismos asociados con las carreras de larga distancia.

3.4. Influencia según la raza y el nivel de entrenamiento

Finalmente, cerrando la «tetralogía» sobre cristaluria y ejercicio físico, Rodgers *et al.*²²,

realizaron un doble estudio casos-control en el que investigaron, entre otros, las características de la cristaluria en sedentarios (controles) y corredores de raza negra (casos), y la compararon con la de los controles y corredores de raza blanca. Para ello, determinaron inmediatamente después de un maratón y 3 semanas más tarde, el tamaño, distribución, composición, y periodo de aparición de los cristales. Los resultados de su trabajo no mostraron diferencias entre la cristaluria de los controles de raza blanca y negra, tampoco entre la de los controles y corredores negros, pero sí entre la de los controles y corredores blancos, y también entre la de corredores blancos y negros, presentando características similares a las encontradas en los anteriores estudios^{10,20,21}. Para los autores, estos resultados sugieren que, al contrario de lo que ocurre con los corredores blancos, los corredores negros no tienen aumentado el riesgo de nefrolitiasis como consecuencia del ejercicio físico, quizás debido a que sus calciurias son menores.

4. INFLUENCIA DEL EJERCICIO SOBRE LA CUANTIFICACIÓN Y CUALIFICACIÓN DE LA CRISTALURIA

Otros trabajos, sólo han investigado el efecto del ejercicio físico sobre el número de cristales, sin entrar a valorar el tipo, tamaño, morfología y/o grado de agregación.

Así, Peter-Contesse, Faure, y Didisheim⁽¹⁴⁾, encontraron una mayor frecuencia de cristales de oxalato cálcico en el sedimento urinario, tras una carrera de maratón.

Giebel⁷, por su parte, en un estudio realizado sobre 20 sujetos (10 entrenados y 10 sedentarios), en los que determinó, entre otros, el volumen, osmolalidad, osmolaridad, pH, cristaluria, concentraciones urinarias de sodio, potasio, y magnesio, y solubilidad de oxalato, fosfatos y ácido úrico en orina, antes, durante y después de correr 30 Km en treadmill, encontró un aumento de inhibidores de la litogénesis, una disminución de la cristalización y agregación, y un aumento de la solubilidad de oxalatos, fosfatos y ácido úrico, sugiriendo

unos efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre la formación de cálculos urinarios. A pesar de que, según los resultados de su estudio, los mecanismos inhibidores de la litogénesis parece ser que siguen funcionando después del esfuerzo, el autor pudo observar una aislada excreción de cristales de oxalato y urato hasta el 3^{er} día postesfuerzo, que curiosamente atribuye al almacenamiento renal de cristales durante el esfuerzo, siendo aquel mayor en sujetos entrenados. Para el autor, en la fase de descanso se hace necesaria una mayor ingesta de líquidos con el fin de liberar a glomérulos, túbulos y papilas de los cristales condensados y almacenados durante el ejercicio.

Esteve⁴, por su parte, en un estudio casos (deportistas con antecedentes de nefrolitiasis) - control (deportistas sanos), realizado con el fin de investigar la influencia del ejercicio físico de larga duración (90-120 minutos) sobre la excreción urinaria de algunos de los principales parámetros bioquímicos relacionados con la nefrolitiasis, encuentra en ambos grupos de estudio, además de una disminución de la concentración urinaria de promotores y un aumento de la de inhibidores, no sólo la ausencia de cambios significativos en la excreción urinaria de cristales sino, incluso, una tendencia no significativa a la disminución de la misma. Como consecuencia de los resultados de su estudio, este autor sugiere que durante el ejercicio físico de larga duración, y como forma de compensar el aumento de la concentración y la disminución del pH urinarios, el riñón tiende a mantener la solubilidad de los solutos contenidos en la orina disminuyendo la concentración de los principales promotores y aumentando la de los inhibidores, dificultándose, por tanto, la litogénesis, sin que existan diferencias entre los sujetos sanos y aquellos con antecedentes de nefrolitiasis.

5. EJERCICIO FÍSICO Y ELIMINACIÓN DE CRISTALES

Finalmente, se ha sugerido que la actividad física podría facilitar la eliminación de los cristales que previamente hayan sedimentado por gravedad a nivel de los tubos colectores renales¹⁶. A este

respecto, existen una serie de autores que reconocen la práctica de ejercicio físico en el tratamiento expulsivo de los cálculos ya formados^{9,11,13,24,25,28}.

Este planteamiento cambia por completo el papel del ejercicio físico en relación con el aumento de la cristaluria encontrado en algunos estudios^{10,14,20-22}, y explica la disparidad de resultados encontrados por otros autores^{4,7}, ya que un aumento de la cristaluria durante el ejercicio físico ya no sería debido tanto a un aumento de la formación como a un aumento de la expulsión de los cristales previamente formados y, por tanto, el ejercicio físico pasaría de ser un factor favorecedor de nefrolitiasis a ser un agente terapéutico y preventivo de la misma.

Por otra parte, el hecho de que en algunos estudios la cristaluria encontrada días después de ejercicio físico fuera más abundante que la existente inmediatamente después del mismo^{7,10,20-22}), sugiere que quizás los resultados encontrados en los estudios de Giebel⁷ y Esteve⁴ sean consecuencia de las modificaciones “agudas” que sufre el proceso de formación de la orina durante el ejercicio físico, y que en su vuelta a la “normalidad” dichas modificaciones cambien de signo, hasta el punto de que el riesgo litógeno inducido por el ejercicio físico no sea tanto durante o inmediatamente después de la realización del mismo como horas o días después de finalizado éste. Por otra parte, si hubiera algún tipo de retención o atrapamiento de cristales lo lógico es pensar que el tamaño de los mismos iría aumentando con el tiempo, con lo cual su expulsión se vería cada vez más dificultada. Este es un punto que, sin duda, merece ser investigado.

6. HIDRATACIÓN, EJERCICIO Y CRISTALURIA

La variabilidad de los resultados obtenidos en los diferentes estudios apunta en el sentido de que el ejercicio físico, por sí mismo, no es un factor que necesariamente aumente la cristaluria, ya que dependiendo de las condiciones fisicoquímicas de la orina incluso podría llegar a disminuirla; sin embargo, una ori-

na excesivamente concentrada y/o ácida podría facilitar la producción de cristales. Por tanto, el aumento o disminución de la cristaluria estaría en relación con el volumen, composición y características de la orina formada durante el ejercicio físico, lo cual depende, entre otros, del grado de deshidratación, y éste, a su vez, de la duración e intensidad del ejercicio y del grado de rehidratación que se lleve a cabo.

Así pues, junto a la importancia de una adecuada rehidratación durante el ejercicio físico, se vislumbra la conveniencia de una mayor ingesta de líquidos horas e incluso días después del mismo, no tanto porque durante el ejercicio exista un depósito o almacenamiento de cristales que haya que eliminar posteriormente estimulando la diuresis, sino porque cabe la posibilidad de que en las horas o días siguientes al ejercicio, cuando el riñón vuelva a sus condiciones de reposo, puedan existir momentos puntuales en los que la orina sea más litógena, sobretudo cuando aumente la excreción urinaria de calcio, oxalato, y ácido úrico; y disminuya la de magnesio y citrato.

RESUMEN

La cristaluria es un importante factor predictivo del riesgo de litogénesis y de recidiva litíásica, a pesar de que se trata de un hallazgo bastante habitual en el sedimento de orinas normales, y de que por sí misma no distingue entre sujetos sanos y litíásicos, siendo considerada, hasta cierto punto y dependiendo de sus características, como un hecho fisiológico. Por otra parte, clásicamente, se ha considerado al ejercicio físico

como un factor de riesgo de la nefrolitiasis, lo cual en principio debería comportar un aumento de la cristaluria.

La variabilidad de los resultados obtenidos en los escasos estudios realizados al respecto apuntan en el sentido de que el ejercicio físico, por sí mismo, no es un factor que necesariamente aumente la cristaluria, ya que dependiendo de las condiciones fisicoquímicas de la orina incluso podría llegar a disminuirla; sin embargo, una orina excesivamente concentrada y/o ácida sí podría facilitar la producción de cristales. Por otra parte, un aumento de la cristaluria durante el ejercicio físico podría estar más en relación con la expulsión, debido al efecto mecánico del ejercicio, de cristales previamente formados que con la formación de nuevos cristales, lo cual convertiría al ejercicio físico en un eficaz agente terapéutico.

Finalmente, el hecho de que en algunos estudios la cristaluria encontrada días después de la realización de un ejercicio físico de larga duración fuera mayor que la existente inmediatamente después de finalizado el mismo, sugiere no tanto que cristales formados durante la realización del esfuerzo queden atrapados en los túbulos para ser eliminados posteriormente, como sugieren algunos estudios, como que el riesgo litógeno pueda ser mayor horas o incluso días después del ejercicio, cuando el riñón vuelve a sus condiciones de reposo después de haber sufrido las modificaciones funcionales inducidas por el propio esfuerzo físico, tal y como sugieren otros estudios.

Palabras clave: Ejercicio físico. Nefrolitiasis. Urolitiasis. Cristaluria.

B I B L I O G R A F I A

1. Arrabal M, Lancina JA, García M. *Criterios clínicos y tratamiento actual de la litiasis urinaria*. Madrid: ENE, 1990.
2. Bihl G, Meyers A. Recurrent renal stone disease-advances in pathogenesis and clinical management. *Lancet* 2001; 358:651-6.
3. Carr RJ. A new theory in the formation of renal calculi. *Br J Urol* 1954;26:105-17.
4. Esteve Claramunt J. Influencia del ejercicio físico sobre los principales factores de riesgo de la nefrolitiasis. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de València, 2002.

5. **Finlayson B.** Renal lithiasis in review. *Urol Clin North Am* 1974;1:181-218.
6. **Finlayson B, Reid F.** The expectation of free and fixed particles in urinary stone disease. *Invest Urol* 1978;15:442-8.
7. **Giebel W.** Sport in der Prävention und Therapie von Harnsteinerkrankungen. *Sportmedizin. Z Arztl Fortbild* 1987;81:1261-4.
8. **Hess B, Ryall RL, Kavanagh JP, Khan SR, Kok DJ, Rodgers AL, et al.** Methods for measuring crystallization in urolithiasis research: why, how, and when? *Eur Urol* 2001; 40:220-30.
9. **Il'muradov KL, Siluanova VA.** Therapeutic physical exercise before and after an operation on the kidney in nephrolithiasis patients. *Urol Nefrol (Mosk)* 1995;1:26-9.
10. **Irving RA, Noakes TD, Rodgers AL, Swartz L.** Crystalluria in Marathon Runners. 1. Standard Marathon - Males. *Urol Res* 1986;14:289-94.
11. **Miasnikova NA.** The effect of exercise therapy combined with doses of the mineral water "Naftusia" on diuresis in urolithiasis. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1966;31: 317-22.
12. **Milvy P, Colt E, Thornton J.** A high incidence of urolithiasis in male marathon runners. *J Sports Med Phys Fitness* 1981; 21:295-8.
13. **Osipov LH, Gnilorybov VG.:** Therapeutic physical exercise in the combined therapy of patients with ureteral calculi. *Voen Med Zh* 1991; 2: 48-50.
14. **Peter-Contesse R, Faure H, Didisheim JC.** Repercussions renales et urinaires d'un marathon. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1985;74:237-42.
15. **Pinto B.** Hipomagnesuria, hipocitraturia, cristaluria. En: Pinto B, editor. *Litiasis renal*. Barcelona: Masson-Salvat, S.A, 1993:145-50.
16. **Power C, Barker DJ, Nelson M, Winter PD.** Diet and Renal Stones: a Case-control study. *Br J Urol* 1984;56:456-9.
17. **Robertson WG, Peacock D.** Calcium oxalate crystalluria and inhibitors of crystallization in recurrent renal stone-formers. *Clin Sci* 1972;43:499-506.
18. **Robertson WG, Peacock M, Nordin BE.** Calcium crystalluria in recurrent renal stone formers. *Lancet* 1969;II:21-4.
19. **Robertson WG, Scurr DS, Bridge CM.** Factors influencing the crystallization of calcium oxalate in urine. A Critique. *J Cryst Growth* 1981;53:182-94.
20. **Rodgers AL, Greyling KG, Irving RA, Noakes TD.** Crystalluria in Marathon Runners II. Ultra-Marathon-Males and Females. *Urol Res* 1988;16:89-93.
21. **Rodgers AL, Greyling KG, Noakes TD.** Crystalluria in Marathon Runners III. Stone-forming subjects. *Urol Res* 1991;19:189-92.
22. **Rodgers AL, Cox TA, Noakes TD, Lombard CJ.** Crystalluria in Marathon Runners IV. Black Subjects. *Urol Res* 1992; 19:189-92.
23. **Sakhaee K, Nigam S, Snell P, Hsu MCH, Pak CYC.** Assessment of the pathogenetic role of physical exercise in renal stone formation. *J Clin Endocrinol Metab* 1987; 65:974-9.
24. **Shologon RP.** Therapeutic physical exercise in the combined therapy of ureterolithiasis patients at Truskavets health resort. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1984;4:49-50.
25. **Shologon RP, Polesia GV, Skorobogatov MA.** Comprehensive treatment using therapeutic gymnastics of ureteral calculi patients at Truskavets health resort. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1978;2:49-52.
26. **Sriboonlue P, Prasongwatana V, Tosukhowong P, Tungsanga K, Bovornpadoongkitti S.** Increased risk of urinary stone disease by physical exercise. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1996;27:172-7.
27. **Verkoelen CF, Van der Boom B, Kok DJ, Schroder FH, Romjin JC.** Attachment Sites for Particles in the Urinary Tract. *J Am Soc Nephrol* 1999;10:430-5.
28. **Watanabe K, Yuri K.** A clinical study on spontaneous passage of ureteral stone. Effect of urocalun and jumping exercise to ureteral stone. *Hinyokika Kyo* 1989;35:769-73.
29. **Werness PG, Bergert JH, Smith LH.** Crystalluria. *J Cryst Growth* 1981;53:166-81.