

TÍTULO: “Caracterización del patrón de pedaleo en ciclistas de alto rendimiento”.

AUTORES: Ferrer-Roca V, Roig A, Borrás X, Galilea PA, García-López J

ACTO: XXXIII Congreso de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales.

REF. CD-ROM: “XXXIII Congreso de la Sociedad Ibérica de biomecánica y Biomateriales BioValencia’10”. Ed. Vicerrectorado de Investigación y Política Científica. Universitat de València. ISBN: 978-84-936128-2-5. 2010.

LUGAR/AÑO: Valencia, 11-13 de noviembre de 2010.



CARACTERIZACIÓN DEL PATRÓN DE PEDALEO EN CICLISTAS DE ALTO RENDIMIENTO

Ferrer-Roca V¹, Roig A¹, Borrás X¹, Galilea PA¹, García-López J²

¹ Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Grupo de investigación GIRSANE.

² Facultad de Ciencias de la Actividad Física. Instituto de Biomedicina. Universidad de León.

RESUMEN

El veinticinco por ciento de los ciclistas sufren lesiones en la articulación de la rodilla como tendinitis rotuliana o síndrome de la cintilla iliotibial. Aunque para calcular la altura óptima del sillín se utilizan diferentes métodos, los diversos autores están de acuerdo en que una altura del sillín incorrecta modifica el ángulo de flexión de rodilla y predispone a sufrir lesiones en esta articulación. El propósito del estudio es comprobar si el pedaleo de los ciclistas de alto nivel presenta un patrón cinemático adecuado para evitar lesiones. Se analizó el ángulo de flexión de cadera, de rodilla y de tobillo durante 5 ciclos de pedaleo y se midió la flexibilidad de la musculatura isquiotibial de 23 ciclistas de alto nivel. Teniendo en cuenta las referencias antropométricas clásicas, el 60.8% de los ciclistas quedaron fuera del rango aconsejado de altura óptima del sillín, pero en cambio sólo el 26% mostró un patrón cinemático no recomendable. La altura del sillín se relacionó muy significativamente ($R^2 = 0,963$ y $p < 0,001$) con la altura de la sínfisis del pubis y el ángulo de rodilla. Aunque la altura de la sínfisis del pubis es la variable más significativa, no debería ser utilizada como único factor para determinar una altura óptima del sillín que favorezca ángulos de trabajo no lesivos. Por lo tanto, los métodos de configuración de la bicicleta deberían ser revisados y actualizados valorando también otros factores como la cinemática de la extremidad inferior.

Palabras clave: Configuración bicicleta, goniometría, prevención de lesiones.

INTRODUCCIÓN

Una altura de sillín incorrecta modifica el patrón cinemático de la extremidad inferior, produciendo cambios tanto en la eficiencia de pedaleo (Nordeen-Synder, 1977) como en el trabajo mecánico realizado por cada articulación (Bini et al; 2010). La rodilla es la articulación que más se adapta a los cambios de altura del sillín (Gregor & Conconi, 2005); de hecho, se ha encontrado una relación directa entre una posición baja del sillín y el aumento de carga sobre el tendón rotuliano y entre una posición alta del sillín con el síndrome de la cintilla iliotibial (Holmes et al, 1993). Con tal de recomendar una altura óptima del sillín, es muy habitual utilizar las fórmulas que relacionan la antropometría con las medidas óptimas de la bicicleta (Hamley & Thomas, 1967; Nordeen-Snyder, 1977; Lemond & Gordis, 1987). Una de las fórmulas más extendida es la sugerida por Burke (2003), donde la altura del sillín medida desde el eje del pedal (H_s) debería estar entre el 106% y el 109% de la altura de la sínfisis del pubis (E). En contraposición, en los últimos años, han aparecido diversos autores que se desmarcan de las fórmulas antropométricas y se centran en el estudio del patrón de pedaleo. Utilizando sistemas de análisis del movimiento, proponen el cumplimiento de rangos cinemáticos de pedaleo, como mantener un ángulo de flexión de rodilla entre 30 y 40° (AR) en el punto muerto inferior del pedal (PMI) (García-López et al, 2009). El objetivo de este trabajo es comprobar si el pedaleo de los ciclistas de alto nivel presenta un patrón cinemático seguro y analizar su relación con otras variables como la altura del sillín o la flexibilidad de la musculatura isquiotibial.

MATERIAL Y METODO

Participaron en el estudio 23 ciclistas (21.8 ± 3.5 años, 67.8 ± 6.8 Kg, 1.77 ± 0.04 m), de categorías continental y Sub23. Se registró la altura de la sínfisis del pubis de los ciclistas (E) en posición anatómica y cuatro medidas de sus bicicletas de ruta: longitud de la biela (Lb), altura y retroceso del sillín (Hs / Rs), y diferencia de altura sillín-manillar (As). Después del calentamiento, los ciclistas pedalearon 2 minutos a una cadencia de 90-100 rpm en rodillo libre con bicicleta propia. Se grabó el plano sagital derecho (50Hz), analizándose 5 pedaladas de cada sujeto. Se utilizó el modelo propuesto por Nerdeen-Snyder (1977) de 4 marcadores para el cálculo bidimensional (TCD2008, SportSuport Online S.L. Barcelona, España) de los ángulos máximos de cadera (AC) rodilla (AR) y tobillo (AT). La altura de la sínfisis del pubis (E) fue determinada según Lemond y Gordis (1987), y a partir de ella el rango de altura óptima de sillín ($Hs = 1.06 - 1.09 \cdot E$), medida desde el eje del pedal hasta el punto central y superior del sillín. En el estudio de la flexibilidad de la musculatura isquiotibial se aplicó el "test de extensión pasiva de rodilla" (PKE), calculando el ángulo poplíteo mediante videografía 2D (Erkula et al, 2002).



Imagen 1 .- Convención utilizada para especificar el desplazamiento angular

El registro de los datos y el análisis gráfico han sido realizados con el software Microsoft Office Excel-2000, mientras que el análisis estadístico se ha realizado con el software SPSS-v15.0.

Para el estudio estadístico se dividió la muestra a posteriori en dos grupos, según el factor "rango altura óptima del sillín"; El grupo A estaba compuesto por los ciclistas con una medida de altura del sillín entre los márgenes adecuados ($1.06 \cdot E < Hs < 1.09 \cdot E$); El grupo B lo formaban los sujetos con una medida de altura del sillín por encima del margen recomendado ($Hs > 1.09 \cdot E$). Se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía para comparar los dos grupos y se aplicó una regresión lineal múltiple para estudiar la relación entre la altura de sillín y las otras variables. El nivel de significación estadística utilizado fue $P < 0.05$.

RESULTADOS

El 26% de los ciclistas pedalearon con un AR no recomendable. Por otro lado, el 60.8% de los sujetos de la muestra no llevaban el sillín a la altura recomendada según el método antropométrico. En el PKE los sujetos obtuvieron un ángulo de $38.77^\circ \pm 6.5^\circ$, presentando el 29.1% valores deficitarios. Los valores de AR durante el pedaleo, no se vieron afectados por el déficit de flexibilidad en la musculatura isquiotibial.

Hs se relacionó de forma muy significativa ($R^2=0.937$ y $p<0.001$) con las variables, E y AR; $Hs = 0.06 + (0.879 \cdot E) - (0.0015 \cdot AR)$.

Una vez dividida la muestra según el factor “altura óptima de sillín”, en el ANOVA de una vía, no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en edad, peso, talla, Hs, AT, y PKE. En cambio, se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en las variables E ($F= 11.595$ y $p<0.05$), AC ($F= 15.995$ y $p<0.001$), AR ($F= 14.746$ y $p<0.001$), %Hs ($F=45.693$ y $p<0.001$) y Rs ($F=8.122$ y $p<0.05$)

	Grupo A (n= 10)		Grupo B (n=13)	
	Media + EEM	Rango	Media + EEM	Rango
Edad (años)	21.1 ± 1.1	18.3 - 29	22.4 ± 1	18.6 - 29.3
Masa (Kg)	69.3 ± 2.8	57.4 - 89	66.6 ± 1.3	54.6 - 72.9
Talla (cm)	178.5 ± 1.6	171.2 - 188.6	176.3 ± 1.1	170.7 - 183
E (cm)	87 ± 0.8	82.6 - 91.7	82.5 ± 0.9 *	78.4 - 87.7
Hs (cm)	93.8 ± 1	88.4 - 99.8	91.3 ± 0.9	87.2 - 96.3
%Hs	107.8 ± 0.3	106 - 108.9	110.6 ± 0.2 *	109.3 - 112.3
AC (°)	30.7 ± 1.1	23.6 - 35.2	26.2 ± 0.4 *	24 - 29.6
AR (°)	38.9 ± 1.5	28.8 - 46.2	32.7 ± 0.8 *	27 - 39.8
AT (°)	60.5 ± 1.36	55.1 - 68.2	60 ± 1.3	51.5 - 67.2
PKE (°)	41.4 ± 1.4	31 - 47	36.5 ± 2.1	21 - 48
Rs (cm)	7.6 ± 0.6	4 - 10.9	5.8 ± 0.3 *	4.3 - 7.8

Tabla 1.- Características del grupo A y el grupo B. E = altura de entrepierna; Hs= Distancia del eje del pedal al sillín; %Hs = Altura relativa del sillín respecto la altura de entre pierna; AC= Ángulo de Cadera; AR = Ángulo de rodilla; AT = Ángulo de Tobillo; PKE = Angulo poplíteo en el Test de flexibilidad de isquiotibiales. Rs = Retroceso del sillín respecto el eje de bielas. * Diferencias significativas ($p<0.05$)

DISCUSIÓN

En este estudio se determinaron las medidas de la bicicleta, la cinemática de la extremidad inferior durante el pedaleo y la flexibilidad de la musculatura isquiotibial de 23 ciclistas de alto nivel. Únicamente el 26% de los ciclistas presentaron un AR fuera del rango recomendado, pero en cambio, el 60.8% de los sujetos tenían una %Hs superior a la idónea. Con tal de estudiar esta discrepancia, se dividió la muestra en dos grupos, según la variable %Hs. Los ciclistas del grupo B, con mayor %Hs, presentaron valores significativamente inferiores de AC y AR comparados con el grupo A. Estas diferencias confirman lo sugerido por otros autores (Nordeen-Snyder, 1977; Gregor & Conconi, 2005; Bini et al, 2010) donde las articulaciones que más se adaptaban a los cambios de %Hs, eran la rodilla y la cadera. Parece sorprendente, que se deba considerar la %Hs de los ciclistas del grupo B como fuera del rango recomendado, cuando se ha observado que presentan en el PMI unos valores medios de AR apropiados y valores AC y AR muy similares a los encontrados en ciclistas profesionales actuales (García-López et al, 2009). Una posible justificación de la discrepancia encontrada, es que los estudios que relacionan el rendimiento y la prevención de lesiones con la configuración de la bicicleta a partir de únicamente valores antropométricos, no son actuales y se realizaron en unas condiciones poco representativas del ciclismo actual. Por ejemplo, en el caso de Nordeen-Snyder (1977), el estudio se realizó sin pedales automáticos, a 60 rpm y a una potencia media de 130W. En contraposición, actualmente, en una carrera de alto nivel por

etapas se trabaja a una potencia media de 218W y la cadencia escogida por los ciclistas es de unas 90 rpm (Vogt et al; 2007).

En relación a otros factores que pueden influir en la altura del sillín, se estudió la flexibilidad de la musculatura isquiotibial. Más de 30° de pérdida de amplitud articular de rodilla valorado con el PKE, representan un acortamiento severo de la musculatura isquiotibial (Bandy & Irion, 1994). En nuestro estudio, aunque se encontró en el PKE que un 29.1% de los sujetos presentaban un déficit de amplitud articular, no se observó que esta limitación condicionara el AR durante el pedaleo ni la Hs configurada por los ciclistas antes de participar en el estudio.

Conclusiones

El 26% de los ciclistas presentaron un patrón de pedaleo fuera del rango recomendado. Una altura relativa de sillín mas alta, produjo menor flexión de cadera y de rodilla en el punto muerto inferior del pedaleo. La altura del sillín se relacionó de forma muy significativa con la altura de la sínfisis del pubis, medida en posición anatómica y el ángulo de rodilla.

No se encontró ninguna relación entre el nivel de flexibilidad de la musculatura isquiotibial, medido con el "Test pasivo de rodilla" y los ángulos de trabajo de la extremidad inferior durante el pedaleo.

Las medidas antropométricas no deberían ser utilizadas como único factor para determinar una altura óptima del sillín. Por lo tanto, los métodos de configuración de la bicicleta deberían ser revisados y actualizados valorando también otros factores como la cinemática de la extremidad inferior.

BIBLIOGRAFÍA

- Bandy, W. D; Irion, J. M (1994) The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy* 74 (9): 54-59
- Bini, R. R; Diefenthaler, R. F; & Mota, C. B. (2010) Fatigue effects on the coordinative pattern during cycling: Kinetics and kinematics evaluation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20, 102-107
- Bini, R. R; Diefenthaler, R. F. (2009) Mechanical work and coordinative pattern of cycling: A literature review. *Kinesiology* 41. 1:25-39.
- Burke, E.R. (2003) *High-Tech Cycling*. Campaign, IL: *Human Kinetics*.
- Erkula, G; Demirkan, F; Alper Kiliç, B; Kiter E (2002) Hamstring shortening in healthy adults. *Journal of back and Musculokeletal Rehabilitation*. 16: 77-81
- García-López J; Diez-Leal S; Rodríguez-Marroyo JA; Larrazabal J; de Galdeano IG; Villa JG (2009).Eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo. *Biomecánica*, 17, 2: 9-20.
- Gregor, R. J; Conconi, F (2005) Ciclismo en carretera. Barcelona: *Editorial Hispano Europea*
- Hamley, E.J; & V. Thomas (1967) Physiological and postural factors in calibration of the bicycle ergometer, *J. Physiol.* 191(2):5-56.
- Holmes, J. C; Pruitt A. L; & Whalen, N. J (1994) Lower extremity overuse in bicycling. *Clin. Sports Med.* 13:187-205.
- Lemond, G; Gordis, K (1987) Greg LeMond's Complete Book of Bicycling. New York: *Perigee Books*.
- Nordeen-Snyder (1977) The effect of bicycle seat height variation upon oxygen consumption and lower limb kinematics. *Medicine ans Science in sports*. 9: 113-117.
- Vogt, S; Shumacher, Y. O; Roecher, K; Dickhuth, H. H; Schoberer, U; Schmid, A; Heinrich, L (2007) Power output during the Tour de France. *Int J Sports Med* 28: 756-761