



¿Qué es el pedaleo redondo?

Tradicionalmente se han descrito dos formas diferentes de pedalear: pedaleo en forma de pistón y pedaleo redondo. El pedaleo a pistón se ha definido como un pedaleo irregular en la forma de aplicar fuerza al pedal, semejante al mecanismo de funcionamiento de un pistón en un motor (de ahí su nombre). Se consideraba que sólo se aplicaba fuerza al pedal en la fase descendente de la pedalada, existiendo dos puntos muertos (superior e inferior) y una fase negativa, cuando se produce el recobro de la pedalada (figura 1).

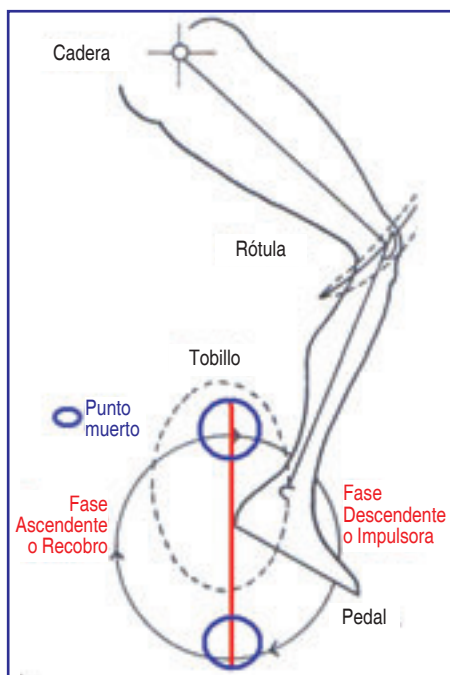


Figura 1.

El pedaleo redondo, se ha descrito como la aplicación de fuerza al pedal durante todo el ciclo de la pedalada, no existiendo puntos muertos en el ciclo, y aplicando fuerza tanto en la fase descendente como en el recobro de la pedalada (tirando del pedal hacia arriba y atrás).

Evidentemente, lo ideal sería poder conseguir un pedaleo redondo siempre, pero... ¿es posible? Para responder a esta pregun-

¿EXISTE EL PEDALEO REDONDO?

Roberto Cejuela Anta

El pedaleo redondo es una de las búsquedas interminables de los teóricos del ciclismo. Análisis biomecánicos, diferentes sistemas de pedaleo... todo con la obsesión de la máxima eficiencia en cada pedalada. Vamos a intentar responder a esta pregunta mediante datos objetivos, fiables y válidos.

ta se han hecho multitud de estudios del pedaleo convencional, tanto de ciclistas profesionales como de aficionados, tanto de pista como de ruta. Y en los últimos años se han ideado diferentes sistemas de pedaleo con esta idea, como los platos ovalados, o sistemas de bielas independientes.

Datos concluyentes

La evolución de la ciencia ha permitido mejoras increíbles tanto en los materiales como en el estudio en el ciclismo. Se pasó de pedalear con sistemas de anclajes del pie con cintas o rastrales al pedal, a llevar anclajes automáticos. Este paso fue fundamental en la optimización del pedaleo, así como la mejora de las zapatillas y sus materiales más ligeros. Pero pese a esta mejora tecnológica, se ha producido una pérdida importante en el entrenamiento del pedaleo que luego trataremos.

Ha sido demostrado hace tiempo que el pedaleo redondo no existe en sistemas convencionales (Álvarez, 1995; Cavanagh y Sanderson, 1986; Davis y Hull, 1981). Ni siquiera los corredores de pista (figura 2), que utilizan piñón fijo (sistema que obliga a pedalear siempre sin parones, teniendo que poner el pie en el suelo al parar de pedalear).

Fuerzas propulsivas en el pedaleo

La fuerza normal es aquella que se aplica en dirección vertical sobre los pedales. Además existen fuerzas antero-posteriores y laterales, pero con valores muy reducidos y son desestimadas. La componente normal es un valor muy superior a la tangencial. Álvarez (1995) la analizó, y concluyó que a pesar de las diferencias que observó entre las diferentes distribuciones de las fuerzas ejercidas sobre los pedales,

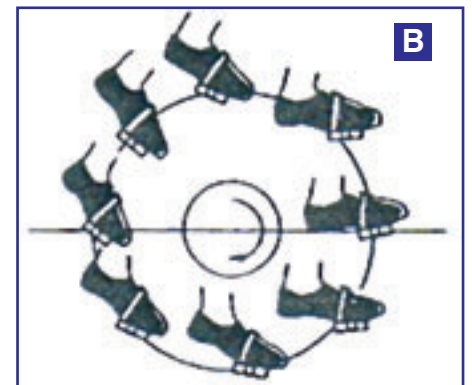
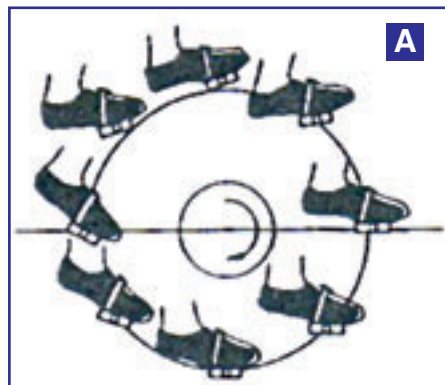


Figura 2. Inclinaciones del pedal durante un ciclo de pedaleo medio de ciclistas de élite en la modalidad de persecución (B) y su comparación con patrones de comportamiento considerados como "óptimos" (A). Cavanagh y Sanderson (1986).

era posible definir, a grandes rasgos, un perfil típico de las mismas que caracterice de manera general el pedaleo en llano. Comprobó, que la componente normal al pedal es, en magnitud, muy superior a la componente tangencial (aproximadamente tiene una amplitud cuatro veces mayor). El valor máximo de la fuerza normal se produce aproximadamente para un ángulo de biela de entre 95°-100°, que casi coincide con el instante en el que mejor se aprovecha dicha componente (90°) (Figura 3).

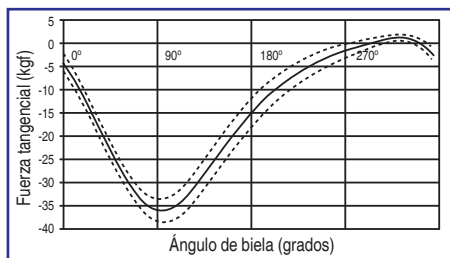
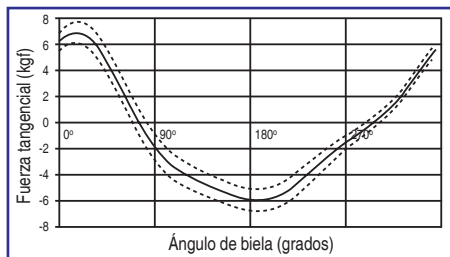


Figura 3. Valor medio de las componentes tangencial y normal, y de la desviación típica (---), durante 20 ciclos de pedaleo consecutivos bajo las mismas condiciones.

También está claro que el periodo en el que realmente se ejerce fuerza propulsiva de manera intencionada es la fase descendente (0°-180°), mientras en la fase ascendente las magnitudes de las fuerzas puestas en juego son pequeñas y no tan controladas por el ciclista. La distribución de la fuerza normal en la fase descendente no es simétrica, siendo generalmente mayor la carga que se ejerce en el punto muerto inferior que en el punto muerto superior. Esto se va haciendo patente al aumentar la caden-

cia y es una de las causas de la pérdida de rendimiento en el pedaleo. Realmente, la existencia de la fuerza normal al pedal tanto en el punto muerto inferior como en el punto muerto superior no tiene apenas utilidad, puesto que se dirige casi en dirección radial y no produce apenas potencia.

Factores que influyen en el pedaleo

A) Cadencia de pedaleo

Bolourchi y Hull (1985) demostraron que un efecto claro del aumento de cadencia es el retraso que se da en el instante en el que se produce el máximo de la fuerza tangencial. También observó una tendencia clara a que la fuerza tangencial es más positiva conforme aumenta la cadencia. Por lo tanto la fuerza normal es menor. Concluyendo... "el aumentar la cadencia disminuye la fuerza aplicada en cada pedalada para ir a una misma velocidad".

B) "Tirar hacia arriba": pedaleo redondo o a pistón

El "tirar hacia arriba" es una expresión del mundillo del ciclismo, que quiere decir que se ejerce fuerza en la fase en que el pie está subiendo (180°-360°). Es decir, que se tira del pedal a través del taco del automático. Cavanagh y Sanderson (1986) dicen que el tirar hacia arriba es una característica clara que caracteriza a los corredores de nivel y que con ello pueden llegar a aumentar hasta un 30% la eficiencia de la pedalada. Sin embargo otros autores, como Hoes y col. (1968), Gregor (1976), Lanfortune y col. (1983), Álvarez (1995), dicen que el "tirar hacia arriba" es una especie de mito que no es real. A lo sumo, se consigue dejar al pedal sin carga durante la parte final de la fase ascendente, en el inter-

valo entre 310°-360°, o conseguir un pequeño intervalo con carga normal positiva, aunque ésta es de pequeña magnitud.

C) Nivel de rendimiento

En ambientes ciclistas, siempre se ha considerado que un corredor con mayor nivel era aquel que tenía un pedaleo redondo, es decir, que "tiraba hacia arriba" en la fase ascendente del pedaleo, mientras que un corredor con poco nivel o de iniciación solo ejercía fuerza en la fase descendente, lo que llamaríamos "a pistón". Álvarez (1995) observó que los corredores menos expertos eran los que realizaban fuerzas más negativas en las fases ascendentes, de tal manera que liberar de carga o conseguir ejercer fuerzas normales positivas sí es una prueba de buen pedaleo, pero en la práctica no se realizan fuerzas positivas de magnitudes elevadas como cabría esperar de la creencia general. No obstante, no se ha demostrado cuál es el mejor estilo de pedaleo desde un punto de vista biomecánico, es decir, aquel que requiera menor energía del ciclista por unidad de potencia producida. Los perfiles de fuerzas que realizaron en los pedales tanto por corredores profesionales como por cicloturistas, mostraron diferencias claras, tanto en magnitudes como en el aspecto general de los perfiles, entre ambos grupos de corredores.

D) "Velocidad de liberación de la carga"

En la velocidad de la liberación de la carga sobre el pedal, interesa que la fuerza normal máxima de comprensión (negativa) se produzca hacia los 90° de ángulo de biela. Ya a los 180° dicha



Relevo en Americana.



componente no tiene prácticamente ninguna utilidad y a partir del punto muerto inferior conviene, desde un punto de vista mecánico, que sea positiva. Por ello es oportuno que la carga aplicada sobre el pedal disminuya rápidamente tras alcanzar su máximo valor, siendo esto lo que se ha denominado "velocidad de liberación de la carga" por Álvarez (1995).

Al aumentar la cadencia de pedaleo se ha observado una rápida disminución de la velocidad de liberación de carga con lo que en el punto muerto inferior y en la fase ascendente predominan las fuerzas normales negativas (hacia abajo).

E) Valores de fuerza en la escalada: sentado y de pie

Escalada sentado

Se han estudiado las fuerzas que se ejercían en los pedales en la escalada, tanto de pie como sentado. Se realizó en condiciones menos estándares que en llano porque se hizo en un tramo de subida con dos desarrollos: 42x19 y 42x15. Se afirma que el estilo de pedalada en la escalada sentado es, en líneas generales, similares al desarrollo durante el pedaleo en terreno llano. Pero se observan varias diferencias:

1. Una clara disminución de la cadencia de pedaleo al aumentar la dureza del desarrollo utilizado.
2. Existe un claro aumento de la magnitud máxima desarrollada durante la fase descendente, así como una mayor "velocidad de liberación de carga" una vez que el pedal pasa por la posición horizontal durante la fase descendente. La fuerza normal producida en la fase ascendente es más coordinada y efectiva. Es menos asimétrica que en el pedaleo en llano. En ambos puntos muertos los valores de la fuerza normal son menores.
3. Se observa una mayor tendencia del "tirar hacia arriba" en la fase ascendente.

El rendimiento de las fuerzas aplicadas sobre el pedal es elevado con ambos desarrollos y mayor que el obtenido por los mismos corredores en terreno llano. Esto es previsible, desde el punto de vista del rendimiento mecánico se comprueba una tendencia a aumentar el rendimiento al disminuir la cadencia de pedaleo.

Escalada a pie

Lo que más llama la atención es que la magnitud de la fuerza normal se incrementa en gran medida respecto de la efectuada en la escalada sentado. Esto es lógico, pues el ciclista al pedalear de pie lanza todo el peso de su cuerpo sobre los pedales. Por ello, las fuerzas normales máximas superan ampliamente el peso del corredor, por ejemplo, Stone y Hull (1993) mencionan valores de fuerza equivalentes a 1,27 veces el peso corporal y Gregor y col. (1991) llegan a mencionar cargas de 1,6. Esto es fácil de comprender puesto que el peso no se apoya de manera estática sino que se "salta" sobre los pedales. Incluso se incrementa dicha fuerza como resultado de las fuerzas que hace el ciclista sobre sus puntos de apoyo.

Al pedalear de pie no tiene porqué conseguirse un aumento de la velocidad de la escalada, en cambio, el aumento de las fuerzas realizadas es grande. Por tanto, es evidente que el rendimiento mecánico de la pedalada disminuye notablemente. Además, así como a cadencias del orden de 50 a 60 rpm (revoluciones por minuto) se obtiene un rendimiento similar en la escalada sentado, no ocurre lo mismo en la escalada de pie, en la que se consiguen

La evolución de la ciencia ha permitido mejoras increíbles tanto en los materiales como en el estudio en el ciclismo.

mejores rendimientos con desarrollos más "duros". Por todo lo dicho, se observa que en la escalada de pie también existe una gran relación entre la cadencia y la forma de ejercer fuerzas sobre el pedal.

F) Tipo de automático

Existen muy pocos estudios sobre los tipos de pedales automáticos existentes hoy en día en el mercado. Sanderson (1990) analizó las fuerzas realizadas en los antiguos calapiés de correa fija y en el, entonces novedoso, sistema de fijaciones automáticas al pedal o calas. También Sanderson (1999) analizó las fuerzas que se ejercían sobre los pedales pero sin dar importancia al tipo de automático.

Diferentes formatos de competición vs diferentes técnicas de pedaleo

Se debe diferenciar actualmente, debido a todas las posibilidades tecnológicas a las que tenemos acceso, diferentes técnicas o formas de pedaleo para diferentes deportes o modalidades donde se utilice la bicicleta. Es cierto que en ninguna se consigue un pedaleo completamente redondo, donde siempre exista una fase positiva de propulsión a lo largo de todo el ciclo de la pedaleada, pero sí que mediante entrenamiento específico y sistemas no convencionales, se puede alargar la fase positiva. En principio se puede pensar que para cualquier modalidad es más eficiente una técnica de pedaleo donde constantemente se consiga aplicar fuerza, pero no debemos empezar la casa por el tejado. Como hemos ya indicado en esta publicación en varios artículos, antes de planificar cualquier entrenamiento,

ya sea físico, técnico o táctico, se deben analizar los factores de rendimiento de la modalidad deportiva y las características del deportista al cual vamos a preparar.

Para realizar este análisis debemos diferenciar el deporte o la modalidad de competición (ciclismo en ruta, btt, pista, triatlón...), el formato de competición que presenta (por etapas, competiciones aisladas, piñón fijo, orografía, en grupo o individual...) y las características del deportista, siendo principalmente importante su experiencia en el pedaleo. Me refiero a si acumula años de entrenamiento con algún tipo de pedaleo, sistema convencional, piñón fijo... o es un deportista novel al cual podemos comenzar a adiestrar sin ninguna experiencia anterior que pueda influir en su aprendizaje. Este último dato es el más importante, debido a que el pedaleo tiene dos componentes fundamentales en su ejecución (como cualquier movimiento físico). Uno el componente muscular, por el cual la musculatura se adapta a ejercer fuerza en una posición determinada y en función de la experiencia acumulada será más o menos difícil introducir cualquier cambio en esa posición. Y el otro componente es el patrón neuronal de movimiento, que según el tiempo de experiencia, presentará un diferente grado de asimilación, evidentemente, cuanto mayor asimilación del patrón de movimiento mayor dificultad en introducir cualquier cambio en el mismo. Como ejemplo sirve, el cambio que experimenta un ciclista en ruta con muchos años de entrenamiento utilizando un sistema de pedaleo convencional, y cuando comienza

a entrenar con un sistema no convencional (que le obliga a modificar su técnica de pedaleo al alargar la fase positiva de cada ciclo) experimenta sensaciones raras, que en muchos casos terminan por provocar que no se adapte a este tipo de pedaleo y no pueda rendir a su máximo nivel.

Entrenamiento de la técnica de pedaleo

Si tenemos un deportista novel en el pedaleo, podemos comenzar su adiestramiento con el sistema de pedaleo más conveniente para la modalidad a practicar. Hace años cuando no existían sistemas no convencionales de pedaleo, en las escuelas de ciclismo los niños/as utilizaban durante el comienzo de la temporada el piñón fijo. Esto les obligaba a adaptarse a un patrón de pedaleo continuo, sin parones ni cambios de posición. Esta técnica de entrenamiento es muy adecuada, siempre y cuando se tenga sumo cuidado al adaptar la bicicleta al deportista (tamaño de cuadro, altura del sillín...) y en elegir el desarrollo adecuado (forma física, orografía del terreno...). En las edades de iniciación, lo más correcto es que el deportista adquiera una técnica lo más redonda posible. Este entrenamiento debe ser tanto físico, pudiendo utilizar piñón fijo, o incluso sistemas no convencionales desde el comienzo, pero también tiene una parte de entrenamiento mental, en la cual el entrenador es el actor principal. Debe indicar a su deportista un esquema claro del pedaleo y cómo ejecutarlo mentalmente hasta que lo automatice. Esto se puede representar mediante esquemas gráficos, videos o fotografías. Una herramienta muy útil para este tipo de entrenamiento son las



sportexpert.es

Mail: info@sportexpert.es · Tfno.: 902 26 34 72 · Fax: 956 36 46 71

Distribución de productos líderes en...

- Pulsómetros
- Entrenamiento en Altura
- Fitness
- Ciclismo Indoor
- Ropa Deportiva
- Nutrición

... y mucho más



bicicletas estáticas, las cuales permiten medir la fuerza independiente que se aplica en cada biela y en cada momento. Esta información provoca una retroalimentación en vivo con el deportista, pudiendo éste hacer las rectificaciones oportunas al momento. Una o dos sesiones de este tipo, por semana, al comienzo de temporada, durante uno o dos meses, son un entrenamiento específico del pedaleo muy conveniente para asentar las bases del comienzo del entrenamiento de máximo rendimiento.

Ahora, dentro de las posibilidades que presenta el mercado, debemos decidirnos por la más adecuada para nuestros objetivos. Como indicaba antes, las características de la competición y el deportista nos van a marcar la elección. Si tenemos un deportista con muchos años de experiencia en un sistema convencional, con un pedaleo muy a pistón, debemos plantearnos si el tiempo que vamos a emplear en mejorar su pedaleo va a ser efectivo con su margen de mejora. Incluso plantear un cambio de sistema puede ser problemático, o producirle alguna lesión. Si nos decidimos a llevarlo a cabo, debemos respetar dos pautas: una, hacerlo al final de la temporada, siendo éste el momento más adecuado porque tendrá cierto tiempo de adaptación antes de la competición; y otra, darle un tiempo de adaptación largo para volver a someterle a altas cargas de entrenamiento.

to. Estos dos principios son básicos en el cambio de cualquier técnica deportiva que se tenga automatizada.

Los sistemas de pedaleo no convencionales (platos ovalados, bielas independientes...) intentan minimizar los puntos muertos del pedaleo, y por lo tanto aumentar la fase propulsiva. Presentan ventajas al reducir el esfuerzo cardiaco, reduciendo la concentración del lactato en sangre y aumentar la eficiencia muscular para desplazarse a una misma velocidad que con un sistema convencional de pedaleo. También se reducen las lesiones de rodilla: el pedaleo convencional somete a la rodilla a un gran estrés articular cuando la pierna se comprime en el punto muerto superior. Minimizando el punto muerto, se pueden reducir las lesiones típicas de la rodilla del ciclista, ya que se produce una menor tensión nerviosa en el tendón de la rodilla. Además, gracias a la variación del desarrollo durante el ciclo, el empujón es más progresivo y la tensión nerviosa de la articulación es más uniforme. Por el contrario, las bielas independientes alargan el tiempo de trabajo muscular en cada pedalada, lo cual provoca que se consiga mayor eficiencia en el pedaleo pero que se acumule mayor fatiga al producirse menor tiempo de recuperación en cada pedalada. Esto no es un problema en formatos de competición de pruebas de un día (clásicas, pista, triatlón, btt...) pero sí en las grandes vueltas por etapas de ciclismo, donde el principal factor de rendimiento es la recuperación al esfuerzo y este sistema provoca una fatiga añadida.

Ahora bien, este sistema lo han probado hasta ahora ciclistas profesionales que tenían automatizado un pedaleo con sistema convencional. Y no han tenido tiempo de entrenamiento y adaptación suficientes como para encontrar resultados. Diferente será cuando jóvenes ciclistas comiencen desde sus inicios con estos sistemas y tengan una adaptación total (neuro-muscular) a ellos. Así, en deportes como triatlón, existen deportistas de élite que desde que comenzaron a pedalear utilizan estos sistemas. También muchos usuarios cicloturistas, que realizan grandes volúmenes de kilómetros al año utilizan estos sistemas con grandes resultados.

Conclusiones

- Como tal, no existe el denominado pedaleo redondo. Sí existen diferentes aproximaciones a él, ya sea por técnicas correctas en sistemas convencionales o por la utilización de sistemas no convencionales.
- La técnica de pedaleo requiere un entrenamiento sistematizado y adaptado a las circunstancias del deportista y las características de la competición.
- La elección del sistema de pedaleo a utilizar se verá condicionada por los factores de rendimiento de la competición y las características del deportista.
- Los sistemas no convencionales de pedaleo pueden resultar más eficientes, siempre y cuando se tenga un entrenamiento y una adaptación adecuada a los mismos. ●

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, G.; "Análisis y optimización biomecánica de la técnica de pedaleo ciclista". Tesis doctoral, San Sebastián, 1995.
- Hansen, E. A., Jorgensen, L. V., Jensen, K., Fregly, B. J., Sjogaard, G.; "Crack inertial load affects freely cosen pedal rate during cycling", *Journal of Biomechanics*, 35 (2002) 277-285.
- Hull, M. L.; Julio 1992, "The effect of foot/pedal platform degrees of freedom on knee loads in cycling", *Jornadas internacionales sobre biomecánica del ciclismo, Tour'92, San Sebastián.*
- Lucía, A. Hoyos, J. Chicharro, J. L.; "Preferred pedalling cadence in professional cycling". *Medicine & Science in Sports & Exercise.*, Vol 33, nº 8, 2001, pp. 1361-1366.
- Martín, J. C.; Lamb, S. M., Brown, N. A. T.; "Pedal trajectory alters maximal single-leg cycling power", *Medicine & Science in Sports & Exercise.*, Vol 34, nº 8, 2002, pp. 1332-1336.
- Ménard, M.; Julio 1992, "Determinación de la performance optimale du coureur cycliste", *Jornadas internacionales sobre biomecánica del ciclismo, Tour'92, San Sebastián.*
- Sanderson, D. J.; "The biomechanics of cycling shoes", *Cycling-science*, 2 (3), sept 1990, 27-30.
- Sanderson, D. J., Hennig, E. M., Black, A. H.; "The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists", *Journal of Sports Sciences*, 2000, 18, 173-181.



El periodo en el que realmente se ejerce fuerza propulsiva de manera intencionada es la fase descendente (0°-180°).