

LA BICICLETA

*SALUD, SEGURIDAD
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE*

Personas, máquinas y entorno

Kepa Lizarraga Sainz





© Autor:

Kepa Lizarraga Sainz

© Coordinación y edición:

Diputación Foral de Bizkaia

Dirección:

Diputación Foral de Bizkaia

Servicio de Deportes

© Fotografías:

José Miguel Llano

Diseño:

Moriwase

ISBN: 978-84-7752-661-2

D.L.: BI-96-2020

LA BICICLETA

*SALUD, SEGURIDAD
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE*

Personas, máquinas y entorno

Kepa Lizarraga Sainz

*La bicicleta, bien utilizada,
es una excelente opción de movilidad sostenible.
Buena para las personas, para las ciudades
y para el planeta.*

AGRADECIMIENTOS

Siento la necesidad de agradecer su ayuda a las personas y entidades que han respondido, con cariño y eficacia, a mis peticiones de información, a las que han soportado tanto tiempo de atención desmedida por esta maravillosa máquina que es la bicicleta y a quienes, con esta publicación, me permiten compartir lo que sobre ella he averiguado.

Sinceramente, ¡gracias!

- Archivo Histórico Foral de Bizkaia – Bizkaiko Foru Agiritegi Historikoa. Julen Erostege
- Archivo Municipal de Eibar – Eibarko Udal Artxiboa. Yolanda Ruiz
- Archivo Municipal de Bilbao - Bilboko Udal Artxiboa. Itziar Goikolea, Lourdes Ortega
- Biziker Consultoría de Movilidad – Mugikortasun Aholkularitza. Ander Irazusta
- Oficina para la Ciclabilidad de la Diputación Foral de Bizkaia - Bizkaiko Foru Aldundia-ren Bizikletaren Bulegoa. Miguel Angel Castilla
- Museo Vasco del Ferrocarril - Burdinbidearen Euskal Museoa. Juanjo Olaizola
- Carletti Sportivo. Carlos Roberto Catalina
- Ciclos Zubero
- David Herrero. Bike fitting
- Departamento de Euskera, Cultura y Deporte DFB – BFA Euskera, Kultura eta Kirol Saila
- Departamento de Movilidad y Ordenación del Territorio DFG - GFA Mugikortasuna eta Lurralde Antolaketaren Departamentua. Edorta Bergua
- Euskotren. Zigor Egia
- Iniciativas ambientales de Euskadi S.L. Ibon Hormaetxe
- Iñaki Castañeda. Ciclismo Adaptado
- Mikel Bringas-@Bizibidaia
- Sección de Movilidad Ciclista. Área de Movilidad y Sostenibilidad - Mugikortasun eta Jasangarritasun Saila. Bilboko Udala - Ayuntamiento de Bilbao. Toño Garaizar, Patxi García
- Olabide Ikastola
- Orbea S. Coop.
- Sigi-Saga Durangaldeko Bizikletazaleen Elkartea. Agustín Ruiz Larringan

Seguro que me falta alguien. Disculpad mis limitaciones.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

12 Un poco de historia



BICICLETA, SALUD PÚBLICA Y SALUD INDIVIDUAL

22	Efectos sobre la salud del uso regular de la bicicleta
25	Uso regular de la bicicleta y calidad de vida
25	La bicicleta como herramienta frente a la obesidad
28	Obesidad en la infancia y bicicleta
30	El “ciclismo pasivo”
30	Uso de la bicicleta durante el embarazo
30	En bicicleta y con la regla
32	La estrecha relación entre la mecánica de la bicicleta y la salud. Las tecnopatías
34	La bicicleta y los discos intervertebrales
36	Bicicleta y periné masculino
38	Bicicleta y periné femenino
40	La badana
41	Bicicleta y salud ósea
42	Bicicleta y salud articular
44	Bicicleta y equilibrio en personas mayores
44	Bicicleta y polución
47	Bicicleta y medio ambiente
48	La bicicleta fuera del planeta Tierra: beneficiosa incluso en el espacio
50	En síntesis

EL LADO OSCURO DE LA BICICLETA: ACCIDENTES Y LESIONES

54	Riesgos de la bicicleta
59	El manillar, lesiones traumáticas y tecnopatías
61	Efectos de las vibraciones de la bicicleta
63	Detalles prácticos para reducir las vibraciones
64	Otras patologías debidas al uso de la bicicleta
65	En síntesis

SEGURIDAD INDIVIDUAL

68	El casco
69	¿Cuántas y qué tipo de personas utilizan el casco?
70	¿Por qué no se utiliza el casco?
72	Tamaño y ajuste del casco
72	Algunos detalles sobre el vestuario
74	Los guantes
74	Las gafas
75	Protecciones torácicas
75	Los guardabarros
75	Particularidades de la bicicleta para la población más joven
77	En síntesis



FÍSICA Y BIOMECÁNICA DE LA BICICLETA

80	¿Cuánto cuesta andar en bicicleta?
81	¿Y si es por una pendiente en ascenso?
81	¿Cuánto cuesta rodar con carga?
82	¿Cómo influye el peso de la bicicleta?
83	¿Qué ocurre con la masa total de la bicicleta y de quien la maneja?
84	Consideraciones para un ajuste personalizado de las dimensiones de la bicicleta.
85	Cómo personalizar las medidas de la bicicleta
92	Ajuste rápido de una bicicleta ocasional
93	En síntesis

TÉCNICA Y RENDIMIENTO

96	¿Cómo mejorar el rendimiento sobre la bicicleta?
96	La técnica de pedaleo
98	El ritmo de pedaleo
100	Pedaleo sentado o en pie
102	El gasto de mantenernos sobre la bicicleta
102	Influencia de la sección del neumático y su presión de inflado en el esfuerzo
104	¿Cómo influye el diámetro de la rueda?
104	Aerodinámica y gasto de energía.
105	¿Cómo rodar más rápido? La importancia de una posición adecuada
106	Con prisa, ¿qué podemos hacer para llegar antes?
107	Gasto energético rodando “a rueda”
108	La bicicleta de piñón fijo
109	Gasto de energía con bicicleta tándem
110	Gasto de energía rodando en bicicleta tumbada
111	Otras formas de “mover” la bicicleta: impulsión combinada con brazos y piernas.
111	El triciclo impulsado con los brazos.
112	Cuatro en lugar de dos: el esfuerzo de rodar en cuadríciclo
113	El gasto energético de entrenar sobre rodillo
114	Efecto de las suspensiones en el rendimiento
116	Bielas y platos especiales
118	Los pedales, sus variantes y ajuste
120	Tipos de manillar
120	La bicicleta con apoyo eléctrico
122	En síntesis

BICICLETA Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

126	La bicicleta como medio de desplazamiento activo y sostenible
128	Iniciativas y entornos para el fomento del uso regular de la bicicleta
134	¿Qué hacer para mejorar la seguridad andando en bicicleta?
136	Infraestructuras viales, bicicletas y riesgo
138	¿Cómo debieran ser las infraestructuras para bicicletas?
139	Campañas de prevención de riesgos viales
140	Visibilidad y accidentes
142	La bicicleta en los desplazamientos a centros escolares
146	Seguridad de las sillas y carros para transporte infantil
147	Desplazamiento activo al trabajo
149	Los robos de bicicletas
150	La bicicleta y el consumo de alcohol
152	En síntesis

BIBLIOGRAFÍA





INTRODUCCIÓN

Sin duda el vehículo más abundante en todo el planeta, la bicicleta hunde sus raíces en el pasado, más de 200 años atrás, cuando nace para ser un juguete de la aristocracia, y llega a nuestro tiempo siendo, entre otras cosas, una opción viable de movilidad para las personas más sensibilizadas con la salud del planeta y con la suya propia.

En esa larga historia, ha sido también el vehículo de las sociedades en vías de desarrollo, icono deportivo, compañera de grandes viajes, herramienta de trabajo e incluso máquina de guerra.

Actualmente, en nuestro entorno, un vistazo a las carreteras nos permite comprobar que prevalece en la bicicleta el uso como vehículo de ocio, pero es suficiente con fijarnos en países algo más al Norte o mucho más al Oriente, para ver su masivo uso en los desplazamientos cotidianos.

La evidente necesidad de limitar el daño que infligimos a la naturaleza, de forma global, está poniendo de manifiesto la importancia de adoptar nuevas formas de desplazamiento amigables con el entorno, y esa tozuda evidencia vuelve a resucitar el interés por la bicicleta.

De la misma forma que ocurrió durante la industrialización, cuando la gente que vivía en apartadas zonas rurales descubrió la seguridad de los ingresos económicos en la floreciente industria y se vio impulsada a bajar a los pueblos, hasta la parada del tren o del tranvía, en su bici.

Las estadísticas confirman esa positiva evolución (1):

MEDIA DE DESPLAZAMIENTOS EN BICICLETA EN LA C.A.P.V. EN DÍA LABORABLE

Año 2001	Año 2006	Año 2011	Año 2016
27.026	52.408	116.938	146.786

Y es en esa tesitura de progreso en la que analizaremos las virtudes y defectos, los beneficios y los riesgos que conlleva emplear este gran invento como uno de los pilares de la movilidad sostenible.

Sin embargo, no será la máquina el objetivo fundamental del texto, sino las personas que la utilizan como vehículo sostenible.

Procuraremos aportar información para mejorar su salud y su seguridad, advirtiéndole que el entorno de la bicicleta experimenta una gran vitalidad y que cada día aparecen nuevos estudios y datos sobre cada una de las facetas que trataremos en el texto.

Se hace necesario, por lo tanto, seguir manteniendo la curiosidad y la inquietud para formarse una opinión fundada; para saber más de lo que este modesto análisis nos mostrará.



Un poco de Historia

Como casi todos los orígenes, el de la bicicleta es también algo confuso.

Por ejemplo, hace algunos años se atribuía a Leonardo da Vinci (1452-1519) un diseño precursor de esta máquina, en su “Codex Atlanticus”, aunque un vistazo al dibujo delataría la falsedad del mismo.

Poco después (1534) era su discípulo Gian Giacomo Caprotti quien recibía el honor de la idea primigenia, pero sin confirmación científica alguna. Otros documentos sugieren que, ya en el siglo XVII, el científico inglés Robert Hooke pudo hacer un boceto de velocípedo, y se le atribuye al Conde francés Mede de Sivrac la invención, a finales del siglo XVIII, del “celerífere”. Una máquina de dos ruedas, sobre bastidor rígido y sin dirección, pero diversos investigadores arrojan dudas sobre ello.

Sí hay pruebas, en cambio de que Karl Freiherr von Drais, inventor alemán con título nobiliario de Barón, diseñó y fabricó, en 1817, la “máquina andante”. Una especie de velocípedo con dos ruedas, propulsado mediante las zancadas de su tripulante, que iba sentado a horcajadas en un sillín longitudinal y con sus brazos apoyados en un manillar desde el que movía un brazo de dirección, solidario con la rueda delantera.

Un año más tarde, sería el inglés Denis Johnson quien patentaría su “pedestrian curricule” o “velocípedo”, que en 1819 sería “el no va más” entre la sociedad londinense más elitista.

Todos estos modelos serían impulsados por los pies de quien los montaba, actuando directamente sobre el suelo, y podía esperarse de ellos velocidades en llano de unos 13 kilómetros por hora.

Al no tener que elevar el propio peso corporal, dado que era soportado por el ingenioso artefacto, la eficacia metabólica de este “juguete” era superior al andar o al correr (2).

El primer diseño de máquina de dos ruedas propulsada mecánicamente por un ser humano se atribuye al herrero escocés Kirkpatrick MacMillan.

Datado en 1839, el modelo contaba con un juego de bielas, similar a las empleadas en los trenes de vapor, que mediante varillas impulsaban la rueda trasera.

Hacia 1863 tiene lugar un cambio sustancial en la mecánica de este aparato: las bielas pasan a estar en la rueda delantera, siendo solidarias con su eje.

La máquina resulta de esa forma mucho más sencilla y comienzan las primeras fabricaciones seriadas, todavía en pequeña escala.



(Arr.) Museo de la Bicicleta de América, en Chicago, USA.

(Izq.) Triciclos del Parque Casilda Iturrizar, en Bilbao, en julio de 1985. Bilboko Udal Artxiboa – Archivo Municipal de Bilbao. Fondo La Gaceta del Norte.



Mujeres montando en bicicleta. Finales del siglo XIX. Autor y lugar desconocidos.

Pero en estas fechas se aprecia el potencial del nuevo vehículo para facilitar los desplazamientos y, pronto, lo que era un juguete para personas adultas se extiende y fabrica tanto en Europa como en América, y comienza a utilizarse para cubrir las necesidades cotidianas de desplazamiento.

En este sentido cabe destacar que buena parte del éxito de la bicicleta se debe a que un porcentaje sustancial del gasto energético de andar a pie se invierte en los movimientos verticales del centro de masa corporal producidos en cada paso, inexistentes al moverse en bicicleta (3). Esta particularidad hace de ella un medio para desplazarse más eficiente que caminar.

La generalización de su uso facilita que, hacia 1869, en la fábrica de Pickering and Davis se diseñe el primer modelo que conocemos de bicicleta para mujeres, movida por pedales.

El siguiente paso evolutivo fue el biciclo. Máquina en la que la rueda delantera, tractora y directora al mismo tiempo, tenía mucho mayor tamaño que la trasera.

Ocurre esto en torno a 1880.

Con bielas fijas, este formato de rueda enorme permitía lograr mayores velocidades. Pero con ello y la elevación del centro de gravedad, aumentó el riesgo, y las noticias

de accidentes en los que estaban involucrados estos vehículos comenzaron a ser más frecuentes.

Parece lógico, por lo tanto, que el siguiente modelo fuera la denominada “bicicleta segura”.

Sus primeros diseños aparecen mediada la década de 1880-1890, y presentan dos ruedas de similar o igual tamaño, dirección en la delantera y tracción en la trasera, transmitiendo el movimiento de los pedales centrales hasta ella mediante una cadena y sendos engranajes dentados.

Poco después, en 1889, el cuadro adquiere la forma de diamante o rombo, siendo patentado el diseño por Isaac R. Johnson.

Su aceptación fue generalizada entre las clases medias y altas, y prendió también entre el público femenino, para el que aparecen diseños especiales del cuadro, vestuarios específicos y complementos, como cubrecadenas.

En tal sentido, hay investigadores que otorgan a la llamada en Francia “petite reine” un papel sustancial incluso en la emancipación femenina, al facilitar a la mujer una movilidad impensable en aquella época final del XIX.

Como muestra de esa afirmación, en 1895, Annie Cohen Kopchovsky “Londonderry”, letona de nacimiento, pero



(Arriba) Bicicletas en Amsterdam. (Abajo) Traslado de bicicletas de un barco encallado en Suances, en 1963. Bilboko Udal Artxiboa – Archivo Municipal de Bilbao. Fondo La Gaceta del Norte.

nacionalizada estadounidense, fue la primera en dar la vuelta al mundo en bicicleta, con apenas 25 años.

Poder disponer de diferentes desarrollos y adoptar de esa forma el ritmo de pedaleo más eficaz frente a las dificultades del terreno supuso otro impulso para la aceptación de esta máquina como forma de desplazamiento.

Su éxito fue tal que en 1898 ya rodaban por Francia unas 400.000 bicicletas, y se llegaba a las 800.000 tan solo dos años más tarde. A su vez, Italia contaba, hacia 1912, con un parque de medio millón de ellas (4).

Durante todo el siglo XX la bicicleta ha seguido reinventándose constantemente, pero manteniendo la esencia de aquella “safety bicycle” del XIX.

Su popularidad ha llegado a todo el mundo, saltando de continente en continente: desde su nacimiento en Europa, al florecimiento norteamericano, y hasta la explosión de uso en China o India.

La bicicleta ha sabido dar respuesta a cada necesidad o moda, generando un sinnúmero de modelos: de carretera, de cicloturismo, de montaña, de trial, urbanas, híbridas, reclinadas, de movimiento síncrono o asíncrono, con apoyo eléctrico...

En cuanto al rendimiento, la principal mejora que ha venido experimentando en su larga evolución ha sido la relativa a la menor resistencia aerodinámica, haciendo que entre 1820 y 1890 la velocidad equivalente metabólica mejore 1,5 km cada década, es decir que en 1890, haciendo el mismo esfuerzo, se podía ir unos 10 km por hora más rápido que en 1820 (2).

Y, a pesar de sus más de 200 años de edad, la bicicleta sigue siendo un vehículo joven; en constante evolución.

Medio ambiente, movilidad sostenible, infraestructuras, sociedad, personas y bicicletas son los ingredientes principales, pero no únicos, que hemos combinado en esta obra.

Esperamos que el resultado sea útil.





Acrobacias en 1986. Bilboko Udal Artxiboa – Archivo Municipal de Bilbao. Fondo La Gaceta del Norte.

BICICLETA,

*SALUD PÚBLICA
Y SALUD INDIVIDUAL*





Efectos sobre la salud del uso regular de la bicicleta

Centrándonos en sus efectos sobre el ser humano, el uso regular de la bicicleta ha demostrado aportar innumerables beneficios a la salud, tanto individual como colectiva, por las adaptaciones que promueve.

Incluso en su variante estática, por ejemplo, la bici forma parte de muchos programas de rehabilitación para personas que han sufrido patologías diversas.

En cuanto a la salud colectiva, el impacto de pedalear ha sido analizado en grandes grupos de población.

En Londres, por ejemplo, se estudió la influencia de la red de alquiler de bicicletas en la salud de quienes la utilizaban (5).

578.607 personas de más de 14 años utilizaron el servicio entre abril de 2011 y marzo de 2012.

El 78% del tiempo de uso correspondía a menores de 45 años de edad, y un 71% a desplazamientos de hombres.

Analizando los riesgos para la salud del colectivo, constituidos por lesiones, accidentes, o influencia de la contaminación atmosférica, y por otro lado los beneficios esperados, se apreciaba una positiva influencia de la red de bicicletas de alquiler en la salud del conjunto de la población.

Sin embargo, al desglosar por género, el resultado era positivo en el caso de los hombres, pero no en el de las mujeres, debido a una mayor incidencia de accidentes mortales por colisión en el grupo femenino.

También se apreciaban diferencias cuando la población se agrupaba por edades: el colectivo de entre 15 y 29 años obtenía un balance negativo de beneficios y riesgos, mientras el de más edad conseguía un resultado positivo utilizando la red ciclista.

Como conclusión, el trabajo citado afirmaba que los beneficios potenciales del uso de la red de bicicletas de alquiler no podían extrapolarse a toda la población.

Pero nos queda claro que son los accidentes de tráfico el factor que echa por tierra el beneficio de la iniciativa, y que es la falta de seguridad en las vías el factor que empaña el resultado.



En los Países Bajos también se analizó esa relación riesgo-beneficio.

Los aspectos positivos en cuanto a menor contaminación ambiental, movilidad en zonas urbanas o mejora de la salud física fueron considerados frente a la mayor exposición a los agentes contaminantes o el riesgo de caídas o colisiones con vehículos a motor.

La prospección valoró los efectos si un colectivo de 500.000 personas pasaba de utilizar el vehículo de motor de explosión a realizar sus desplazamientos cortos diarios en bicicleta.

El impacto de ese cambio de comportamiento suponía una mejora o retraso de la mortalidad por todas las causas de entre 3 y 14 meses.

La mayor inhalación de contaminantes se cuantificaba en un impacto negativo de entre 0,8 y 40 días de vida perdidos, y el incremento de accidentes ciclistas en 5 a 9 días.

Por lo tanto, el balance del cambio era claramente positivo para la salud de la población (6).

Otro estudio más cercano, realizado en Barcelona, analizaba el impacto en la morbilidad que producía incre-

mentar los desplazamientos en bicicleta o transporte público y reducir los de vehículos privados (7).

Las enfermedades y lesiones derivadas de la actividad física, la polución atmosférica y los accidentes de tráfico se relacionaron con los problemas de salud que afectan a la población general, calculando que un 40% de desplazamientos de coches, sustituidos por bicicletas o transporte público, daría lugar a una reducción de 127 casos de diabetes al año, 44 de enfermedades cardiovasculares, 30 demencias, 16 heridos leves, 11 cánceres de mama, 3 de colon y 0,14 lesiones graves, todo ello con carácter anual.

En conjunto, el impacto en la salud de esa reducción de tráfico de vehículos a motor privados ofrecería 302 años más de vida a repartir, cada año, entre la población de esa ciudad mediterránea, y sería preciso añadir a la cuenta el beneficio que produciría la reducción de la exposición a partículas contaminantes, como las PM2.5, en la población general.

Otro balance de beneficios y riesgos, realizado por Hillman (8), establecía en 20 a 1 la proporción que cabía esperar entre los años de vida ganados por la práctica cotidiana de ciclismo y los perdidos por sus accidentes o lesiones. ¡Y no es la proporción más favorable! (7).



Uso regular de la bicicleta y calidad de vida

Pudiendo ser un medio de transporte sostenible, una herramienta deportiva o un versátil juguete, no debe extrañarnos que el uso regular de la bicicleta sea capaz incluso de influir sobre la calidad de vida de las personas que la utilizan.

En Sydney se hizo un estudio sobre 846 personas adultas y sanas, de entre 18 y 55 años y que vivían en un radio de 5 km del centro de la ciudad (9).

Fueron clasificadas en función del uso de la bicicleta en tres grupos: semanal, menos que semanal o no usuarias, y cumplieron un test con variables físicas, psicológicas, sociales y del entorno.

Los resultados mostraban en los hombres una relación significativa entre el uso semanal de la bici y una mejor calidad de vida física, y para apreciar la mejoría psicológica bastaba incluso con la utilización ocasional.

Curiosamente, en el caso de las mujeres de la muestra los beneficios no fueron significativos, sin que el estudio aclare el motivo.

La bicicleta como herramienta frente a la obesidad

La obesidad es un serio problema de salud pública en los países del “primer mundo”, e incluso en todo él, bien a pesar de que millones de personas sigan falleciendo de hambre en la misma “vecindad” planetaria.

En 2015 se estimaba que, en todo el mundo, más de 107 millones de niños y niñas, y de 603 millones de personas adultas eran obesas. Es decir: un 5% de la población más joven y un 12% del resto.

Las mujeres de entre 50 y 54 años y los hombres de 60 a 64 presentan la mayor prevalencia de obesidad (10).

Sin embargo, el resultado no se debe generalizar, puesto que la prevalencia de obesidad en diferentes países oscila entre un máximo superior al 35% de la población, en el caso de Egipto, y menos de un 2% en Vietnam.

Por otra parte, la evolución entre 1990 y 2015 mostraba un terrible incremento del 28,3% en las muertes debidas

al sobrepeso y la obesidad en el mundo, convirtiendo estas causas en un grave problema de salud.

En su prevención y tratamiento está claro el papel que juega el ajuste cuantitativo y cualitativo de la dieta, así como el incremento del gasto calórico mediante el ejercicio físico.

Las dos formas de transporte activo más habituales: andar y pedalear, pueden servir para desequilibrar la balanza energética, quemando más calorías de las ingresadas, pero hay diferencias entre ellas.

En un estudio sobre adolescentes varones obesos se comparan las respuestas fisiológicas andando en cinta o pedaleando en bicicleta estática a diferentes niveles de intensidad, hasta el 85% del máximo esfuerzo posible (11).

A la misma frecuencia cardiaca, andar genera un consumo de oxígeno, gasto de energía y oxidación de grasas más elevados que pedalear, y con menor concentración de lactato en sangre, lo que sugiere menor fatiga muscular.

Esto haría que caminar sea una mejor opción que pedalear para prevenir o tratar la obesidad y el sobrepeso.

Sin embargo, hay un factor que personalmente hemos podido apreciar en la práctica clínica y debe ser tenido en cuenta: el impacto articular de andar es más intenso que el de pedalear.

Esa obviedad es particularmente clara cuando la masa que recae al andar sobre cada extremidad es importante. Es decir, cuando quien anda tiene obesidad o sobrepeso.

Soportar toda la presión generada por los kilos de masa y su caída desde el centro de gravedad elevado en cada paso es más de lo que algunas articulaciones pueden soportar sin sufrir inflamación y deterioro.

Sin embargo, al pedalear en la bicicleta buena parte del peso es soportado por el apoyo en el sillín, por los pies y por las manos sobre el manillar, con lo que las articulaciones de las extremidades inferiores tan solo aguantan una pequeña parte de la masa, a la que es preciso añadir la presión que, voluntariamente, ejercen sobre los pedales.

En ese caso no reciben impactos bruscos, tal como ocurre en cada paso al andar.

Eso hace que, a la hora de pensar en la bicicleta como elemento para combatir la obesidad, debamos tener en cuenta su respetuoso comportamiento con los tobillos, las rodillas y las caderas, especialmente si se les hace trabajar en ángulos apropiados.

Otro estudio centró su atención en la mujer, analizando las respuestas metabólicas de dos grupos de ellas: con



normopeso y con obesidad, al andar a pie y al pedalear en bicicleta (12).

En ambos tipos de ejercicio, como cabía esperar, el gasto metabólico fue mayor en el grupo de mujeres obesas, guardando relación con sus respectivas masas corporales.

Sobre la bicicleta, el gasto metabólico tenía relación con la adiposidad individual, pero teniendo ésta en cuenta, la eficiencia era similar en obesas y con normopeso. Es decir que, el gasto de energía por kilogramo de peso era similar.

Sin embargo, esto no ocurría al andar, donde el coste metabólico era superior en el grupo de personas de peso elevado.

Atendiendo a las dos formas de ejercicio, tanto las obesas como las otras mujeres presentaban, para un mismo consumo de oxígeno, frecuencias cardíacas más altas en

bicicleta que andando y, en las que tenían sobrepeso, el aumento de la frecuencia cardíaca respecto al consumo de oxígeno era mayor en bici que andando.

Como conclusión, para mujeres obesas que quieran gastar más energía y más rápido es mejor andar que pedalear, puesto que de esa forma logran gastar más calorías a menor frecuencia cardíaca y más rápidamente.

A condición, claro está, de que su integridad osteoarticular lo permita y aconseje.

¿Qué ocurre con la eficiencia energética cuando quienes pedalean son mujeres obesas en edad juvenil?

Volvemos al mismo patrón: otro estudio con chicas obesas y de normopeso apreciaba que el coste energético a diferentes cargas de trabajo, entre 40 y 120 vatios, venía a ser como promedio un 20% superior en las chicas obesas, pero al dividirlo por el peso corporal, la eficiencia se igualaba en ambos grupos (13).

Otra conclusión importante era que las adolescentes obesas disponían de suficiente capacidad aeróbica como para mantener cargas de trabajo útiles en la reducción de su peso.

En la gestión o tratamiento del sobrepeso mediante el ejercicio físico, un aspecto de interés es la procedencia metabólica de la energía gastada en su realización.

Se reconoce la existencia de diferencias en ese tema entre personas adultas y jóvenes, pero ¿de qué sustratos se obtienen las calorías necesarias en este segundo caso?

¿Son los mismos a cualquier intensidad? ¿Y haciendo cualquier tipo de ejercicio?

En pre-púberes se aprecia que, a todas las intensidades, la oxidación de grasas es mayor ejercitándose andando en cinta que sobre el cicloergómetro, y esa diferencia se hace más evidente a intensidades elevadas (14).

Curiosamente, a esfuerzos relativos iguales, la oxidación de grasas resulta ser mayor en niños que en niñas, pero no a intensidades absolutas.

Por otra parte, andando en la cinta el rango de intensidades en que el consumo de grasas se mantiene dentro del 5% de la máxima oxidación de ese sustrato es mucho más amplio que el obtenido pedaleando.

Por lo tanto, para la población más joven que precise adelgazar es más adecuado andar o trotar suave que pedalear, en concordancia con lo que ya hemos visto que ocurre en mujeres obesas.

Otro estudio analizó ese aspecto del metabolismo energético en hombres adultos moderadamente entrenados.

Realizaron sendas pruebas de esfuerzo progresivas y hasta el agotamiento, en cinta rodante y sobre cicloergómetro (15).

En ellas se determinó que la máxima cantidad de grasa oxidada era de $0,65 \pm 0,05$ gr/min, corriendo, y de $0,47 \pm 0,05$ gr/min en la bicicleta.

Por lo tanto, a pie conseguían oxidar un 28% más cantidad de grasa corporal.

Y las intensidades de máxima oxidación resultaban ser muy similares en ambas actividades físicas: al 62,1 % del VO_2max corriendo, y al 59,2% del VO_2max pedaleando.

Esos serían los ritmos más eficaces en cada actividad para obtener el máximo partido de cada tipo de ejercicio físico citado, en pos de reducir el exceso de grasa corporal.





Obesidad en la infancia y bicicleta

En los países ricos, una población especialmente afectada por el sobrepeso y la obesidad es la infantil.

Conocida la influencia del ejercicio y la dieta en la existencia o no de un peso excesivo, un estudio realizado en Baltimore relacionó esa alteración con la práctica de diferentes actividades físicas y con los hábitos alimentarios en un colectivo de 100 jóvenes de 11,8 años de edad media.

El 56% del grupo tenía sobrepeso. Un 96% sabían andar en bicicleta y el 80% del total disponía de una.

El análisis de datos demostró que quienes pedaleaban en bici una ocasión a la semana o menos eran más propensos a tener sobrepeso. Y la relación entre ambos hechos era más significativa que la existente con cualquier otra práctica deportiva e incluso con la ingesta de frutas y verduras o la toma del desayuno.

De hecho, andar dos o más veces por semana en bicicleta se asociaba con un menor riesgo de sufrir sobrepeso en la infancia (16).

Mucho más al sur, en la ciudad de Montería, Colombia, se analizó la posible relación entre las formas de transporte activo escolar: a pie o en bicicleta, y la prevención del sobrepeso.

546 adolescentes de entre 11 y 18 años, de los que 278 eran chicos, pertenecientes a 14 centros escolares, fueron estudiados. Como resultado se apreció que quienes utilizaban formas activas de desplazamiento a sus escuelas tenían la mitad de riesgo de sufrir sobrepeso que el resto (17).

Para comprender mejor las implicaciones metabólicas del esfuerzo en bicicleta que pudieran influir en la decisión de usar o no esa forma de ejercicio por parte de personas pre púberes con peso normal o con sobrepeso, recurrimos a un estudio de 206 chicas y 258 chicos de entre 8 y 10 años.

Del grupo, 288 tenían peso normal, 84, sobrepeso y 92 padecían obesidad.

El objetivo principal era determinar la eficiencia mecánica en relación al peso corporal, para lo que se hicieron dos cálculos: eficiencia bruta y eficiencia neta.

Si se dividía el trabajo producido entre la energía total gastada (eficiencia bruta), se apreciaba que las personas de peso normal obtenían un mejor resultado que las que tenían sobrepeso y que las obesas, y que las del grupo de sobrepeso mejoraban los resultados de las obesas.

Cuando a la energía total gastada se le restaba el gasto en reposo, obteniendo así el impacto exclusivo del ejercicio físico de pedalear, los resultados de eficiencia neta no mostraban diferencias significativas entre los tres grupos de peso (18).

Por lo tanto, al menos en ese estadio pre puberal, no se aprecian diferencias de eficiencia en función del peso corporal, y la existencia de sobrepeso o de obesidad no justificaría un menor uso de la bicicleta por ese criterio de dificultad energética.

Otro enfoque del tratamiento de la obesidad en jóvenes, buscando el ejercicio más adecuado para la población de entre 8 y 12 años de edad, comparó la eficacia de tres tipos de actividad física aeróbica: andar en cinta, pedalear o utilizar una máquina elíptica (19).

La eficiencia mecánica andando fue significativamente más elevada que pedaleando o haciendo elíptica, y la del ciclismo, mayor que la de la elíptica.

La percepción de esfuerzo andando, a igual carga de trabajo, fue similar a la del ciclismo, pero menor que la de la elíptica, al igual que la de la bicicleta.

Por los resultados de ambos aspectos, el orden de prioridades a la hora de escoger la mejor actividad física para adelgazar era: andar, bicicleta y elíptica.

Siendo correcta esa valoración desde el punto de vista energético, el estudio adolece de no analizar la diferente implicación de grupos musculares, y otros aspectos, como la “exportabilidad” de cada tipo de ejercicio a las actividades cotidianas.





El “ciclismo pasivo”

Para algunos colectivos de capacidad física limitada, una opción de ejercicio físico que se ofrece es la posibilidad de practicar el denominado “ciclismo pasivo”.

Consiste en sujetar los pies a unos pedales que se mueven mediante un motor, provocando con ello la movilización involuntaria de las extremidades.

Pero, ¿realmente este método incrementa el gasto calórico en una cuantía interesante?

Un estudio analizó el consumo extra, con una o con dos piernas en movimiento y a dos ritmos de pedaleo: 60 rpm y 90 rpm.

El movimiento pasivo se hizo en periodos cortos de 5 minutos o en uno mantenido de 30.

Movilizando una sola pierna, el aumento del gasto de energía respecto al de reposo fue de un 16% a 60 rpm y del 45% a 90 rpm.

Cuando se unían ambas extremidades al aparato de pedaleo, los incrementos fueron del 39% a 60 rpm y del 96% a 90 rpm, llegando casi a duplicar las calorías gastadas en reposo.

Y ese gasto elevado se mantuvo en el tiempo, durante todo el estudio, sin signos de pérdida de eficacia por habituación.

Por lo tanto, el “ciclismo pasivo” demostró ser un recurso válido frente a los efectos de la inactividad física (20).

Uso de la bicicleta durante el embarazo

Un periodo en el que la masa corporal aumenta progresivamente es durante el embarazo.

Diversos trabajos han estudiado los cambios que tal estado produce en el coste energético de andar en bicicleta. Uno de ellos analiza 26 mujeres sanas que fueron estudiadas en el aspecto que nos ocupa durante su gestación.

Concretamente a las 13, 24 y 35 semanas de evolución, se apreciaba que el consumo de energía pedaleando a 30, 45, 60 y 75 vatios iba creciendo a medida que avanzaba el embarazo, al igual que ocurría con el gasto metabólico basal.

A las 35 semanas de gestación, el gasto era 0,9 kJ/min mayor que antes del embarazo.

Pero cuando se analizó el gasto neto; es decir: el obtenido de restar el gasto en reposo al de esfuerzo, se



vio que el coste energético no variaba en ninguna de las etapas medidas (21).

Por lo tanto, el embarazo no altera en ningún momento la eficiencia del pedaleo, aunque el aumento de masa genere un mayor coste de desplazamiento.

En bicicleta y con la regla

Cuando se estudia la relación de la mujer con la bicicleta es habitual tener en cuenta las diferencias anatómicas de la pelvis y el periné femeninos, pero desde el punto de vista fisiológico también las hay, y no son precisamente pequeñas.

Durante su vida fértil, la mujer tiene de forma regular un particular “problema” para usar la bicicleta durante los días que dura la menstruación o regla, debida a la expulsión por vía vaginal de un óvulo no fecundado, junto a sangre y otros tejidos del útero.

Los inconvenientes de ese proceso natural han sido paliados mediante el uso de diversos elementos absorbentes que podemos clasificar por su ubicación en externos o internos.

Los primeros, denominados habitualmente compresas, son claramente desaconsejables en caso de andar en

bici, dado que la presión del sillín altera o impide su normal funcionamiento, y el apoyo se hace más reducido y sobre un periné más delicado por el exceso de humedad.

Recordamos un caso de uso en competición por parte de una mujer, joven y principiante. Las consecuencias fueron inflamaciones severas y dolorosas de los genitales externos, que estuvieron a punto de hacer precisa la cirugía ginecológica.

Por ello, las alternativas en estas situaciones han sido la de utilizar simplemente el culotte y encomendar a la gamuza propia de dicho pantalón deportivo la absorción de fluidos o, mejor, recurrir al otro tipo de absorbentes higiénicos de uso interno, como los tampones, o a las copas menstruales, que al ubicarse en la vagina, no interfieren en el apoyo ni en el grado normal de hidratación cutánea.

Los primeros son desechables, y reutilizables las segundas, de las que podemos encontrar modelos en forma de campana o de diafragma, para adaptarse a las necesidades y preferencias de cada mujer ciclista.

La cuestión es que, también esos días, la bicicleta puede ser nuestro vehículo, dejando aquí de lado las diferencias de rendimiento que pueden acompañarlos.



La estrecha relación entre la mecánica de la bicicleta y la salud. Las tecnopatías

¿Qué aspectos deben ser tenidos en cuenta a la hora de adaptar la bicicleta a quien la va a conducir?

Los antecedentes patológicos, como dolencias, deterioro articular, limitaciones de movilidad, dismetrías de extremidades, alteraciones en discos intervertebrales, etc. son características que obligan a modificar los criterios biomecánicos estandarizados.

La geometría del cuadro, longitud de las bielas, altura del sillín, ubicación anteroposterior del mismo, su inclinación en el plano lateral, la distancia hasta el manillar y diferencia de cota respecto a él, la anchura de éste, su posición rotando en la potencia, la posición de las manetas de freno y escaladores, la longitud de esa potencia y otros múltiples detalles nos permiten una minuciosa personalización.

A partir de las preferencias y de la “encuesta de antecedentes patológicos” o listado de molestias y lesiones que la persona usuaria de la bicicleta nos refiere, podemos deducir la necesidad de realizar determinadas adaptaciones.

Por ejemplo: los problemas ubicados en la región cervical suelen tener su causa en diferencias de cota excesivas entre el sillín y el manillar, estando éste muy bajo, que obligan a una hiperextensión del cuello, o en una posición excesivamente adelantada del sillín, que desplaza un porcentaje demasiado alto del peso total sobre los brazos y la cintura escapular.

También las horquillas rectas, llantas rígidas y neumáticos de muy pequeña sección facilitan las cervicálgias, por ser elementos que filtran muy poco las vibraciones de la carretera, al igual que llevar cascos de peso elevado, puesto que al estar la columna cervical “en voladizo”, su musculatura posterior y las estructuras de estabilización trabajan forzadas.

El resto de la columna vertebral, y particularmente la región lumbar, es otra de las zonas que sufren con frecuencia por ajustes deficientes de la posición sobre la bicicleta, resultando especialmente afectadas las personas con alteraciones de la normalidad predisponentes, como escoliosis, hiperlordosis o dismetría de las extremidades inferiores.

Un sillín excesivamente elevado hace que la musculatura lumbar sufra hiperextensiones alternativas en cada pedalada, y que la articulación lumbo-sacra tenga que realizar torsiones.

Además, aumenta el esfuerzo de los músculos implicados en el movimiento de la articulación del tobillo (22).

En cambio, la altura insuficiente de ese elemento de apoyo puede generar lumbalgias al obligar a una flexión anterior forzada de la columna, e incrementa el trabajo de la rodilla.

También la inclinación del sillín en el plano lateral incide en la posición de trabajo de la región lumbar, forzando la hiperlordosis cuando la punta está baja, o rectificándola cuando está excesivamente alta.

Y el desplazamiento hacia delante o detrás, deslizándose sobre las dos vainas que habitualmente presentan los sillines, podrá generar molestias o lesiones tanto en la columna como en las rodillas.

Un análisis de 21 ciclistas de competición midió la influencia de la posición anteroposterior del sillín en las fuerzas producidas entre el fémur y la tibia y entre fémur y rótula, así como en el ángulo de trabajo de la rodilla (23).

Adelantar o retrasar el sillín respecto a la ubicación preferida producía cambios leves de hasta un 4% en la presión entre la rótula y el fémur, y de hasta un 3% en la tibio-femoral. Sin embargo, las fuerzas tangenciales en la rodilla aumentaban un 19% al atrasar la posición y un 26% al adelantarla.

Y el motivo era el cambio de ángulos de trabajo de la rodilla.

En la misma línea de riesgos, frente a los ajustes que dan lugar a una posición aerodinámica sobre la bicicleta, hay personas que prefieren posturas erectas, sin sospechar que incrementan las presiones soportadas por los discos intervertebrales inferiores.

La relación entre el diseño y dimensiones del sillín y el periné de quién lo utilizará es una de las causas de abandono del uso de la bicicleta.

Un estudio de 900 ciclistas de ambos géneros deja de manifiesto que el 36% de los hombres y el 42% de las mujeres refieren haber tenido problemas con él (24).

Especialmente en mujeres, pero no exclusivos de ellas, unas cotas estrechas en la parte posterior de esa pieza o una convexidad muy marcada pueden explicar muchos cuadros de dolor, inflamación de genitales femeninos externos, prostatitis, neuropatías o impotencia.

La búsqueda del diseño óptimo ha seguido diferentes caminos. Uno de ellos consiste en reducir la longitud del sillín, a base de recortar su extremo anterior o nariz.

De esa forma se consigue reducir la presión en la región perineal, pero los resultados son dispares en cuanto a si ello supone un aumento de la que deben soportar las manos y los pedales (25).

La rodilla es otra articulación muy afectada por las regulaciones inadecuadas de la bicicleta, sufriendo los efectos de las alturas incorrectas del sillín, la longitud de las bielas o las rotaciones de las fijaciones para los pedales. Pero también el mal uso puede acarrearle perjuicios, como cuando se utilizan desarrollos excesivamente largos.

En la misma línea, la unión entre pedal y calzado exige cuidado en su ajuste si no queremos que los elementos mecánicos generen patología.

Así ocurrirá si no tenemos en cuenta la situación en varo o valgo del tobillo, si el apoyo resulta ser demasiado adelantado, forzando las tensiones en gemelos, si la suela no tiene suficiente rigidez para transmitir la presión del pedaleo sin deformarse o si el calzado, por estrecho, da lugar a compresiones nerviosas (26).

Y esta descripción, a pesar de prolija, no agota todas las posibilidades de problemas que una mala relación entre los elementos de la bicicleta y el cuerpo humano puede generar.

La bicicleta y los discos intervertebrales

La evolución filogenética nos ha dotado de una columna vertebral con una discutible adaptación a la bipedestación, especialmente en su tramo lumbo-sacro.

Por otra parte, ciertos ajustes mecánicos de la bicicleta afectan directamente a las curvaturas anatómicas de la columna, pudiendo sobrepasar su tolerancia y generar o agravar ciertos problemas de salud.

Tal suele ocurrir con la hiperextensión de la lordosis fisiológica cervical, por manillares excesivamente bajos, con la cifosis dorsal, por cuadros cortos, o con la lordosis lumbar, por sillines inclinados hacia adelante.

En el primer caso de los citados nos encontramos al adoptar posiciones aerodinámicas, en las que la altura de la cabeza es similar, cuando no inferior, a la de la espalda o la región lumbar.

En esa postura nuestro perfil expuesto al aire se reduce y adquiere una excelente forma aerodinámica, por lo que suele ser habitual en el ciclismo de competición, y especialmente en las pruebas contrarreloj o intentos de record de la hora.

Sin embargo, en esa posición y manteniendo las relaciones relativas normales entre las articulaciones intervertebrales de la columna cervical y el hueso occipital en la base del cráneo, estaríamos mirando hacia el suelo, prácticamente en la perpendicular de los ojos.

Está claro que eso es incompatible con la seguridad, por lo que, de forma regular o continua, es preciso realizar una hiperextensión cervical para levantar la vista y controlar la dirección del desplazamiento.

Precisamente ese gesto es el origen frecuente de cervicalgias.

Estando el cuello “en voladizo”, si portamos un casco de cierto peso, el trabajo para sostener su horizontalidad y para elevar la cabeza en tan desfavorable posición se incrementa, y con él, los problemas de salud.

La alternativa, evidente cuando no hay un afán competitivo, es elevar la posición del manillar, de forma que el ángulo de trabajo de la columna cervical sea más tolerable. Su comportamiento mejorará cuanto más vertical sea la posición.

Los problemas de la columna dorsal en relación con el uso de la bicicleta suelen estar ligados a posiciones muy agrupadas del tronco, debidas generalmente a

una distancia excesivamente corta entre el sillín y el manillar.

En esos casos, la vista lateral de la persona muestra una cifosis forzada para poder encajar el tronco entre los puntos de apoyo del periné y las manos.

La elección de cuadros de talla excesivamente pequeña para la persona que los usa, opción que en alguna época ha sido habitual para reducir el peso del vehículo, es una de las causas de las dorsalgias.

Desde el punto de vista mecánico, las opciones que tenemos son la de elegir la talla correcta de cuadro y la de jugar con la regulación de posición antero-posterior del sillín y con la longitud de la potencia del manillar para adaptar la bicicleta.

La región lumbo-sacra de la columna es la que nos falta por analizar en cuanto a su relación con el uso de la bicicleta.

En las posiciones más erguidas, propias de diseños clásicos de bicicletas no deportivas, sus cargas serían similares a las soportadas al caminar, sustituyendo los impactos del talón de esta actividad por los baches.

Pero en posturas más aerodinámicas se le solicita una flexión anterior más exigente, al igual que con inclinaciones posteriores del sillín, con distancias cortas entre éste y el manillar o con manillares muy bajos.

Otra fuente de problemas para la zona es el uso de alturas de sillín excesivas.

En esos casos, al llegar cada pedal a la parte más baja de su recorrido, la cintura debe balancearse lateralmente para que el pie siga apoyado, provocando demasiados y reiterados gestos que pueden acabar con la salud de las relaciones intervertebrales lumbares y lumbo-sacras.

Comparando posturas deportivas con otras erguidas, se aprecia que las mayores cargas de trabajo sobre la columna aparecen en las posiciones más aerodinámicas, y que entre las vértebras lumbares 4 y 5 es donde mayores desplazamientos lineales y angulares se miden en ellas.

Además, se aprecia que la presión de inflado de los neumáticos, los baches y la velocidad de desplazamiento son los factores que más agudizan la magnitud de esas cargas.

Por ejemplo, con las ruedas a 1,5 Bar de presión y rodando a 10 Km/h, los valores máximos de rotación y desplazamiento longitudinal entre L4 y L5 son de 0,46° y 0,46 mm, pero si la presión asciende a 3,5 Bar y la velocidad a 30 Km/h, las rotaciones alcanzan los 3,9° y los desplazamientos lineales llegan a 1,23 mm.



Esos movimientos hacen que la parte anterior del disco intervertebral lumbar entre L4 y L5 de una persona de 73 Kg llegue a tener que soportar hasta unos 530 N, mientras la parte posterior de ese mismo disco recibirá una carga mucho más liviana (27).

El ajuste correcto de distancias y, especialmente, de ángulos del sillín para cada persona consigue solucionar más del 70% de los problemas de la región lumbo-sacra (28) poniendo de manifiesto la importancia de los detalles.

Otro aspecto que afecta a los ángulos de trabajo de la columna, en este caso, en la zona dorso-lumbar, es la posición del eje pedalier respecto al centro del sillín.

Un estudio radiológico de la columna analizó los ángulos entre la tercera vértebra lumbar y la undécima o duodécima vértebras dorsales en dos posiciones del sillín: una con su punta por delante del eje pedalier, y otra por detrás.

Las diferencias de angulación eran significativas y, al contrario de lo que suele utilizarse por lo general en ciclismo, la posición más fisiológica para ese tramo de la columna era aquella en que el sillín estaba ligeramente adelantado, habitual en la práctica del triatlón (29).

Resumiendo, quienes padezcan problemas de columna pueden utilizar de forma saludable la bicicleta si toman en cuenta ciertos detalles:

- preparar los músculos de su espalda,
- evitar posiciones muy estiradas, que fuerzan la flexión lumbar y la extensión del tramo cervical,
- evitar o limitar los desplazamientos por terrenos muy irregulares o bacheados,
- en caso de uso ocasional, preferir las bicicletas de montaña, con manillar alto y recto,
- personalizar la posición,
- cambiar de postura regularmente durante el desplazamiento,
- hacer un buen pedaleo, utilizando tanto la presión sobre la biela como la tracción de ella,
- instalar los elementos amortiguadores posibles entre el suelo y nuestro cuerpo,
- incluir rutinas de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura de la espalda (30).



Bicicleta y periné masculino

Uno de los cinco puntos de apoyo entre una bici tradicional y quien la maneja es el periné.

Se establece con ello una estrecha relación entre el sillín y esa zona anatómica que en el varón, entre otras estructuras, ocupan la próstata y la uretra.

Los diseños, rugosidad del firme de rodadura o rigidez mecánica de ruedas y cuadros son algunos de los motivos por los que repetidos impactos pueden llegar hasta esa glándula y el conducto, generando su inflamación.

De hecho, el sillín es la pieza de la bicicleta más relacionada con la falta de confort, y su forma, así como su posición relativa respecto al manillar, son las causas de la mayor parte de esos problemas (31).

De la anchura posterior del sillín dependerá que el apoyo de ambas tuberosidades isquiáticas descargue de presión al periné, y su longitud influirá en la curvatura de la columna, que puede experimentar cambios en su flexo-extensión de unos 6°, más o menos, además de aportar estabilidad a la posición del tronco en el caso de los diseños más alargados (31).

Además de ese riesgo directo, durante un tiempo se pensó que el uso intensivo de la bicicleta pudiera interferir en los análisis diagnósticos que se utilizan para la detección de algunas enfermedades de la próstata.

Una de las pruebas que se utilizan en el estudio de ese órgano es la medición de la concentración del “antígeno prostático específico”, conocido como PSA.

Sus niveles pueden ser altos debido a la presencia de un cáncer de próstata, pero también se elevan ante un agrandamiento benigno de esa glándula, en casos de infección de la misma o prostatitis, o tras la introducción de una sonda urinaria.

Y hay tumores que la afectan sin alterar la concentración de PSA, por lo que es preciso ser cautos con las conclusiones.

Para aclarar la posible influencia del uso de la bici en esas pruebas diagnósticas, fundamentales cuando de detección precoz del cáncer se trata, se realizaron diversos estudios, centrando la atención en personas que rodaban mucho en bicicleta.

En uno de ellos se controlaron las concentraciones de PSA y de fPSA o antígeno prostático específico libre en

tres grupos de varones: 69 ciclistas profesionales o de élite, 31 esquiadores de fondo del equipo italiano y 43 personas sedentarias y sanas (32).

Los resultados demostraron que ni el ejercicio intenso ni la práctica del ciclismo influían de forma significativa en los valores normales de PSA y fPSA, manteniendo la validez de su análisis para detectar alteraciones prostáticas en hombres ciclistas.

Otro estudio añadía mediciones de las gonadotropinas, FSH, LH, testosterona, del volumen de flujo uretral y de otros parámetros al examen de las posibles influencias de la práctica intensiva del ciclismo (33), observando un grupo de 34 varones sanos de una selección nacional de ciclismo y 24 estudiantes voluntarios sanos.

Comparando los resultados de ambos grupos antes y después de que los ciclistas realizaran una prueba de 300 km en bicicleta, no se encontraron diferencias significativas en los niveles de PSA, fPSA, cociente entre ambos, FSH y LH, manteniendo la validez de su análisis en sangre.

En cambio, los niveles de testosterona en suero eran significativamente inferiores tras el largo recorrido en bici. Detalle bien conocido entre ciclistas participantes en grandes vueltas.

Otro tema en relación con el sillín es el que afecta a la esfera sexual masculina.

De la relación íntima entre el periné y el sillín se describen con frecuencia en las consultas parestesias genitales y descenso de la potencia sexual, incluso pedaleando en bicicleta estática (34).

Afortunadamente, suele tratarse de alteraciones vasculares y neurales temporales.

La compresión de ambos nervios pudendos contra la cara interna de las tuberosidades isquiáticas suele ser una de las etiologías más frecuentes.

Estudios tridimensionales han comprobado que en cuanto a las arterias, son las pudendas internas las más afectadas, especialmente cuando el manillar está mucho más bajo que el sillín, por lo que es preciso realizar una marcada inclinación hacia delante del tronco.

En esas condiciones, la superficie de apoyo del periné es considerablemente menor respecto a la posición erguida, si bien la disminución es más tolerable utilizando sillines ranurados, mal denominados “anti-prostáticos”.

Además, la inclinación anterior hace que, junto a las tuberosidades isquiáticas, también la sínfisis del pubis se apoye en el sillín, favoreciendo el entumecimiento peneano (35).

Debido a este tipo de problemas, un estudio analizando los resultados de 21 publicaciones demostraba que apenas con rodar 3 horas por semana, el riesgo de aparición de disfunción eréctil moderada o severa en ciclistas cuadruplicaba el de los corredores a pie de la misma edad (36).

El riesgo de padecer estas molestias no es baladí. El análisis efectuado sobre 40 ciclistas sanos de $30 \pm 5,3$ años de edad demostraba que en más del 70% de ellos se apreciaba una disminución significativa del riego sanguíneo en el glándula tras rodar sentados, y no cuando pedaleaban en pie.

El 61% de los participantes declaraba sentir entumecimiento de la región genital y el 19% de los que entrenaban más de 400 Km semanales presentaba disfunción eréctil (37).

Y lo cierto es que hay motivos para esas alteraciones, ya que las fuerzas de compresión en el periné son suficientes para evitar la entrada de sangre arterial, disminuyendo la perfusión sistólica del pene (38).

El uso intensivo de la bicicleta con malas condiciones de ajuste o elección de material poco adecuado aumenta el riesgo de padecer vasculopatía o lesión endotelial en la pared de las arterias pudendas, peneana común o en las cavernosas, incluso en personas jóvenes, sin factores de riesgo sistémicos, secundarios a traumatismos locales reiterados (39).

En esos casos pudiera ser precisa incluso la cirugía de revascularización, pero por lo general, una ligera reducción de la altura del sillín, sustituirlo por otro más ancho, más corto o con menor convexidad transversal, inclinarlo ligeramente hacia adelante o elevar la altura del manillar, y dar un tiempo de descanso a la bicicleta, solucionan casi todos los casos.

Un estudio recientemente publicado afirma que, de momento, no se puede establecer una relación directa entre andar en bicicleta y sufrir disfunción eréctil,... aunque tampoco para afirmar que no se tendrá (40), lo que no resulta demasiado tranquilizador.

La solución de este tipo de problemas, ligados también a factores anatómicos individuales, como el número de capas de la túnica albugínea del cuerpo cavernoso (41), puede llegar de la mano de nuevos diseños de sillín.

Algunos, testados para la realización de pruebas de muy larga duración, ya demuestran afectar en menor medida la perfusión sanguínea del suelo pélvico (42).

Bicicleta y periné femenino

Las diferencias anatómicas entre la mujer y el hombre, en cuanto a la región pélvica se refiere, hacen necesario un diseño específico del sillín que, durante mucho tiempo ha sido obviado.

Los tradicionales sillines de bicicletas de paseo, con su amplio apoyo posterior, cumplían los requisitos necesarios para distribuir la presión del peso corporal en una amplia superficie del periné, limitando el riesgo de generar neuropatías por compresión.

Ayudaba en ese cometido la presencia, antaño frecuente, de muelles de amortiguación en el anclaje del sillín al cuadro a través de la tija, reduciendo la magnitud de los impactos.

Pero en las bicicletas de uso deportivo es habitual instalar sillines largos y estrechos, que facilitan el balanceo, reducen el riesgo de rozamiento y aportan control lateral de la bicicleta... a cambio de modificar la superficie de apoyo.

Esto exige un tiempo de adaptación, en ciclistas noveles, hasta que la región perineal se adapta para soportar presiones ciertamente elevadas en algunas de sus estructuras.

En el caso masculino, la menor separación entre ambas tuberosidades isquiáticas facilita que esas prominencias óseas sean quienes se apoyan en la parte posterior del sillín.

Pero una de las particularidades de la pelvis femenina es su mayor amplitud respecto a la masculina.

Eso conlleva una separación mayor entre ambos apoyos óseos y que, en caso de emplear un sillín estrecho, queden tangenciales a ambos lados de la parte ancha posterior del sillín, haciendo que buena parte de la presión, en lugar de recaer en tejidos duros y resistentes, lo haga sobre las delicadas zonas centrales: sobre los genitales femeninos externos.

Además, el pubis femenino tiene menor altura que el masculino respecto a los isquiones, por lo que se apoya en el sillín antes y con mayor presión cuando el cuerpo se inclina adelante para agarrar el manillar.

Por esos motivos, si no logramos una buena posición, la aparición de problemas de salud es solo una cuestión de tiempo.

Además de la anchura del sillín, también su convexidad en el plano transversal puede generar lesiones en la región perineal femenina, al igual que en el caso de los hombres.

Una sección muy redondeada o convexa hace que, incluso con un apoyo correcto de ambas tuberosidades, los genitales externos femeninos tengan un apoyo excesivo y deban soportar, por lo tanto, una presión difícilmente tolerable para estructuras blandas.

También una posición relativa alta del sillín respecto al manillar puede generar patología. Incluso siendo aquel adecuado para la anatomía de la mujer.

Un manillar manifiestamente más bajo que el sillín obliga a realizar una inclinación anterior del tronco sobre su apoyo perineal para llegar a agarrarse al manillar, con lo que la presión se desplaza hacia la parte estrecha del sillín, sobre la que recae la parte anterior del periné que, en esa posición, queda comprimida por el pubis.

Entonces, serán de nuevo los genitales externos quienes se vean comprimidos por buena parte del peso corporal, corriendo el riesgo de sufrir neuropatías y afectación de la sensibilidad (43).

Una opción para facilitar la flexión anterior de la pelvis evitando problemas con el pubis femenino es utilizar sillines dotados de una depresión o ranura longitudinal central.

Según su diseño, la flexión anterior de la pelvis, sin compresión de zonas delicadas, puede ser entre un 8% y un 16% mayor que con un sillín convencional, y más de la mitad de las mujeres que los probaron afirmaba que eran más cómodos (44).

Además, el mismo estudio concluye que también la posición de agarre del manillar sirve para modificar la posición de la pelvis, ya que sujetarlo por los semimanillares supone un 77% mayor flexión anterior que hacerlo en las posiciones altas.

La compresión, además de a estructuras nerviosas, puede afectar también a vasos sanguíneos y a su endotelio (45).

Un estudio realizado con 48 mujeres ciclistas y 22 atletas analizó la función neurológica perineal en ambos grupos.

Sin determinar cómo era el ajuste de sus bicicletas, las que rodaban lo hacían $3,8 \pm 1,5$ días por semana y $2,1 \pm 1,8$ horas por sesión, dedicándose a la competición.

El resultado mostraba un deterioro neurológico perineal en las ciclistas, y no en las atletas con similar dedicación a la carrera a pie.

Los umbrales sensitivos de aquellas, tanto en clítoris como en labios externos, vagina y en la uretra estaban alterados, apreciándose una merma de la sensibilidad (46).

La función sexual no estaba afectada, sin embargo.



Otras 48 mujeres ciclistas se prestaron a comparar las presiones perineales que sufrían utilizando diferentes diseños de sillines.

Como resultado, se apreció que las presiones eran mayores utilizando los recortados y los estrechos, con diferencias de unos 4 kPa en la presión media y de unos 11 kPa en la presión pico (47).

En el primer caso, la menor superficie de contacto puede ser la explicación, y en el segundo, la menor descarga de peso en ambos isquion, concentrándose en las zonas centrales del periné.

En cualquier caso, meta-análisis de la literatura generada sobre la relación ciclismo-periné femenino dejan de manifiesto la necesidad de seguir profundizando en su investigación (48).



La badana

Una adaptación del vestuario al uso de la bicicleta es la adición de una pieza de diferentes tipos de tejido en la zona de apoyo del periné sobre el sillín.

Con ella se consigue mejorar la amortiguación de impactos y vibraciones (49), aumentar la superficie de apoyo, reducir el rozamiento y absorber la humedad por sudoración.

Habitual en el mundo ciclista deportivo, tanto de competición como cicloturista, no lo es tanto en el uso de la bicicleta como vehículo de desplazamiento sostenible y activo, por sus contrapartidas estéticas.

Entre las primeras iniciativas para reducir la presión y el rozamiento del sillín en competiciones de larga duración, en las que la aparición de un absceso o forúnculo echaba por tierra meses de preparación y esfuerzo físico, encontramos ideas curiosas, como la de insertar un filete crudo de carne de vacuno entre el “culotte” y el periné.

Pero el elemento de protección por excelencia ha sido la badana.

Históricamente eran confeccionadas con gamuza, bien a partir de la piel de ese mamífero o de la capa interna

de la piel curtida de otros como el cordero, la cabra o la ternera, por ejemplo.

Con un adecuado tratamiento se conseguía un tejido fino y aterciopelado, muy apto para el contacto directo con la piel humana en zonas de presión, reduciendo el rozamiento.

Sin embargo, carecía de cualidades de amortiguación, por su pequeño espesor.

Además, presentaba una vejez delicada, requiriendo ser hidratada con frecuencia tras ser lavada, para evitar su acartonamiento. Para ello se utilizaban diversas cremas o vaselina.

La unión de esta pieza a su soporte o culotte se realizaba mediante cosidos en forma de Z con hilo torsionado, pasando a emplearse, en tiempos más recientes, otras técnicas de unión más planas y con hilo texturado, de menor relieve y rozamiento (50).

En la actualidad, tanto los tejidos para esta pieza como sus diseños han cambiado mucho.

En cuanto a aquellos, frente a materiales hidrófilos, como el algodón de sus orígenes, actualmente se utilizan materiales como el poliéster y combinaciones de fibras hidrofugadas o tratadas de modo de distribuyan la humedad por superficies mayores, para acelerar el secado.

Los aspectos elásticos para el ajuste al cuerpo se confían a las licras, y encontramos también en la composición de las badanas silicona, que es un polímero inorgánico formado por silicio y oxígeno, con interesantes propiedades en cuanto a tolerancia y amortiguación, o espumas de poliuretano de distintas densidades, y viscoelásticas con “memoria” para adaptarse a las superficies de contacto y repartir de la mejor forma posible la presión del cuerpo.

La innovación hace que otros materiales, como fibras de carbono, por ejemplo, puedan formar también parte de esta pieza, antaño tan sencilla.

Es preciso citar que los tejidos en contacto con el periné, humedecidos por la sudoración y templados, favorecían la proliferación de bacterias y la aparición de forúnculos o abscesos, pero la inclusión de productos como la plata y sus derivados, formando parte de las fibras, o en forma de nanopartículas, aporta propiedades antibacterianas a esta pieza del “culotte”, resolviendo ese problema.

En cuanto al diseño, como cabe esperar, para adaptarse a las diferencias anatómicas entre mujeres y hombres, las respectivas badanas tienen diferente forma según el género, siendo las de aquellas algo más anchas y más cortas que las masculinas, además de poder incluir diseños específicos en la zona de apoyo del periné.

Perforaciones para facilitar la aireación y secado, insertos de gel, para reducir el movimiento entre la badana y la piel, o canales de diferente profundidad, mejoran las cualidades de la prenda.

Analizando las badanas en conjunto podemos distinguir unas, más sencillas, de construcción homogénea en toda su superficie, y otras, más elaboradas, con diseños y composiciones selectivas en función de la zona que protegen.

En cuanto al grosor, no es el dato más importante de cara a valorar su utilidad. De hecho, algunas badanas gruesas pueden ser peores que otras mucho más finas, pero de materiales con mejores propiedades.

Las prendas con badana deben ser lavadas preferiblemente a mano, o a máquina en frío, y con jabón neutro, dejando que se sequen al aire.

A las actuales no se debe añadir suavizantes en el lavado, porque pueden alterar las propiedades de algunos de sus materiales, como las espumas.

Además, hay ciclistas que tratan determinadas zonas de la badana con cremas hidratantes, vaselina o cre-

mas de protección cutánea antes de utilizarlas, una vez limpias.

Un detalle que mucha gente novel desconoce es que si la prenda que utilizamos para montar en bici lleva badana, no hay que utilizar ropa interior.

De hecho, con ciertos diseños de ésta, sería totalmente contraproducente, pudiendo dar lugar a rozaduras o compresiones.

Pero existen algunas alternativas al “culotte” clásico, como pantalones cortos que tienen en su interior un “culotte” de menor tamaño, con su correspondiente badana, o incluso ropa interior que la incorpora.

En el proceso de investigación para mejorar esa pieza básica en la protección del periné se han llegado a desarrollar sistemas con células de carga, similares a las utilizadas para analizar la pisada, que permiten apreciar la presión soportada por cada zona del periné y personalizar el grosor y densidad de las protecciones, pudiendo conseguir un apoyo más uniforme y tolerable sobre el sillín.

Bicicleta y salud ósea

Así como queda fuera de duda la bondad de la bicicleta para mejorar la salud de algunos de nuestros órganos, su utilidad para otros no es tan evidente.

Tal es el caso de la salud ósea.

En una revisión amplia de la literatura científica (51) se concluye que rodar en bicicleta no aporta beneficios osteogénicos significativos.

Aparentemente, la causa pudiera ser que durante gran parte del tiempo el peso de la persona está suspendido. Es soportado por la bicicleta, y su esqueleto no recibe suficientes impactos para estimular la mejora de la densidad de sus huesos.

Otro análisis de 31 estudios sobre salud ósea y ciclismo confirma el resultado de la revisión anterior en cuanto a que la práctica del ciclismo en carretera no aporta mejoras de la solidez ósea.

Es más; en sus practicantes más habituales se aprecia baja densidad en regiones como la columna lumbar.

Sin embargo, ese problema es menor en quienes hacen “mountain bike” o quienes combinan el ciclismo en ruta con otros deportes, ya que en estos casos existen más impactos y de mayor magnitud (52), lo que sí genera estímulos para el fortalecimiento de su esqueleto.

Bicicleta y salud articular

Precisamente la inexistencia de impacto, que hace de la bicicleta una herramienta poco útil frente a la osteoporosis, pudiera ser un favorable factor para otras partes de nuestro cuerpo, como las articulaciones.

El ejercicio realizado sobre ella no genera golpes, tiene lugar en ángulos articulares aceptables, sin extremos, y las tensiones que mueven las articulaciones no deben ser forzosamente elevadas, gracias al uso de diferentes desarrollos, por ejemplo.

Si comparamos las cargas que actúan sobre caderas, rodillas y tobillos al andar con las del pedaleo, vemos que son mucho menores en esta segunda actividad física (53).

Siguiendo el mismo estudio, vemos que la compresión tibio-femoral, los esfuerzos que soporta el ligamento cruzado y los del tendón de Aquiles son inferiores sobre la bicicleta, si bien las cargas valguizantes o varizantes sobre la rodilla son similares a las medidas andando.

Desde el punto de vista muscular, los esfuerzos son parecidos andando o pedaleando, con las excepciones de que tanto el vasto interno como el externo se activan más en la bicicleta, mientras el tibial anterior interviene más al andar.

Lo cierto es que la magnitud de los esfuerzos musculares y articulares depende fundamentalmente de la carga de trabajo.

En cuanto al ritmo de pedaleo, influye directamente en la actividad muscular, pero no lo hace en las cargas articulares.

Los ajustes de posición tienen una gran importancia en la magnitud y distribución de los esfuerzos articulares y musculares.

Por ejemplo, subir el sillín reduce los esfuerzos en la flexión de la rodilla, pero apenas interviene en la flexión de cadera o en la flexión dorsal del tobillo.

Y modificar hacia atrás la posición de apoyo del pie sobre el eje del pedal disminuye la carga en esa flexión dorsal del tobillo y aumenta la actividad del glúteo medio y del recto anterior, disminuyendo la del sóleo.

Para hacernos una idea, analizando las presiones que soportan los cartílagos articulares entre la cara posterior de la rótula y el fémur en diferentes posiciones y a distintos ritmos de pedaleo, la mayor presión medida era de solo 905 N, equivalente a 1,3 veces el peso corporal promedio del grupo de personas del estudio (54).

Los mismos autores analizaban las presiones entre la tibia y el fémur, cuantificándolas como máximo en unos 812 N, o 1,2 veces el peso corporal, y median unas fuerzas tangenciales de apenas 37 N en sentido anterior, apreciando que la tensión sobre el ligamento cruzado anterior podía reducirse aún más apoyando el pedal en zonas del metatarso en lugar de hacerlo hacia la zona del arco plantar (55).

Simplificando, podemos afirmar que esas estructuras articulares sufren cargas de trabajo menores pedaleando que andando.

Pasando de la rodilla a la cadera vemos que las fuerzas de compresión y torsión que soporta pedaleando en diferentes condiciones son del orden de 34,3 Nm en flexión y de unos 8,9 Nm en extensión, y aunque aumentaban significativamente con el incremento de carga de trabajo y con el ritmo de pedaleo, siguen siendo pequeñas comparando con las generadas al andar, subir escaleras o levantar pesos (56).

Todo ello convierte a la bicicleta en una herramienta útil para la rehabilitación articular, incluso en ciertas artrosis o artritis.

Sin embargo, lo anterior no impide que algunas articulaciones puedan lesionarse precisamente por andar en bicicleta. Y es que un ajuste inadecuado, mantenido durante las miles de repeticiones que requiere un desplazamiento, dejaría de ser beneficioso, para generar una tecnopatía articular.

Afortunadamente, las exigencias de este ajuste no son tan precisas como en el caso de la competición, en la que pequeños cambios, por ejemplo, en el ángulo de trabajo de la rodilla, modifican sustancialmente el rendimiento y pueden poner en riesgo la salud, dada la intensidad de los esfuerzos.

Tal como algunos autores demuestran, modificaciones de $\pm 3\%$ en la altura idónea del sillín tienen muy poca influencia en las presiones que soportan las articulaciones tibio-femoral o patelo-femoral durante esfuerzos no competitivos (57), adecuados a fines de rehabilitación.

Y ocurre lo mismo cuando lo que cambia es la posición antero-posterior del sillín.

En este caso, las presiones en esas articulaciones cambian apenas entre un 3% y un 4%, pero las fuerzas transversales en la tibio-femoral experimentan incrementos de un 19% con el retraso del sillín, y del 26% con su adelanto respecto a la posición correcta (23).

Otra variante analizada ha sido la de pedalear hacia atrás, sobre bicicleta estática.

En ese caso se encontró que la fuerza aplicada por el cuádriceps resultaba ser un 149% de la medida pedaleando hacia delante contra la misma resistencia, mientras la presión máxima en la articulación rotuliano-femoral ascendía hasta un 110% (58).

Conocer estos efectos nos permite “dirigir”, mediante pequeños ajustes, los efectos rehabilitadores del ejerci-

cio de pedaleo sobre aquellas estructuras que más los necesitan.

Por lo tanto, la bicicleta puede ser adecuada para la rehabilitación de algunas artritis o artrosis, tanto en la versión estática como en la de calle, pero siempre y cuando se adapte a los requerimientos de quien la va a usar (59).



Bicicleta y equilibrio en personas mayores

La necesidad de mantener el equilibrio, imprescindible en las bicicletas convencionales, ha llevado a estudiar si la pérdida de esa cualidad, debida al envejecimiento, podía ser frenada mediante el uso de esa máquina.

Para dar respuesta al tema, se analizó un grupo de 43 personas adultas, de entre 44 y 79 años de edad, estudiando su fuerza de piernas, tiempo de reacción, el tiempo de decisión y el de respuesta, así como el equilibrio.

Aquellas que habían andado en bicicleta durante el mes previo obtuvieron mejores resultados en cuanto a los tiempos de decisión y de respuesta que las otras.

Otro grupo de 18 personas, de edades entre 49 y 72 años, siguió un programa de 12 semanas de duración durante las que practicaban con la bicicleta 1 hora por semana, comprobándose también al final una mejoría significativa de los tiempos de decisión y respuesta, así como del equilibrio.

Como consecuencia, llegaron a la conclusión de que el uso regular de la bici podía ser un factor positivo para reducir los riesgos de caída en personas adultas (60).

Sin embargo, no podemos olvidar que, en caso de caída tripulándola, pudieran padecerse consecuencias más graves.

Bicicleta y polución

Las bondades del uso habitual de la bicicleta no deben ocultar los riesgos que sobre la salud puede tener la práctica de ejercicio físico en ciudades aun contaminadas por el tráfico de vehículos a motor y por otras fuentes, como las calefacciones o la industria.

Si una persona en reposo respira apenas de 6 a 12 litros por minuto, el ejercicio físico puede obligarle a introducir y expulsar de los pulmones cantidades de hasta unos 200 litros de aire por minuto, en casos extenuantes y personas de corpulencia.

Cierto es que un uso de la bicicleta como vehículo de movilidad sostenible no exige tal nivel de esfuerzo, pero también lo es que nos expone al efecto de mayores cantidades de sustancias contaminantes.

Y cada una de ellas puede generar diferentes problemas en nuestro organismo.





La Organización Mundial de la Salud y diversas revisiones científicas aportan información sobre el tema que, sintetizando, muestra cómo el dióxido de azufre o SO_2 incrementado en áreas urbanas se relaciona con una disminución del volumen espiratorio forzado en el primer segundo, o FEV1, con la morbilidad y con la mortalidad (61).

También las partículas en suspensión en la atmósfera, o SPM, cuyo tamaño varía a lo largo de la jornada, dejan sentir sus efectos, con reducción del pico máximo de expulsión de aire de los pulmones, aumento de la tos y de la necesidad de broncodilatadores, así como exacerbación de patologías previas, de la morbilidad y de la mortalidad por causas respiratorias.

En el caso del dióxido de nitrógeno o NO_2 , la afectación se aprecia en la población más joven, pero no en la adulta.

El monóxido de carbono o CO altera la captación de oxígeno, produciendo hipoxia, alteraciones neurológicas y del comportamiento. Además, se relaciona con un aumento de los ingresos hospitalarios por problemas cardíacos, con el agravante de que sus efectos aparecen incluso a muy baja concentración.

El ozono deteriora la función pulmonar y aumenta la reactividad e inflamación de las vías aéreas, habiéndose

comprobado que, en unión a otros contaminantes, aumenta las hospitalizaciones y la mortalidad.

También el plomo, en regresión por la implantación de gasolinas sin él como antidetonante, puede causar alteraciones neurológicas, disminución de la inteligencia en criaturas expuestas y aumento de la tensión arterial.

Los efectos nocivos de vivir en un entorno contaminado son evidentes y han sido científicamente demostrados y cuantificados.

Por ejemplo, 10 microgramos más de partículas contaminantes PM_{10} , constituidas por polvo, ceniza, polen, hollín o cemento, producen un 1% de aumento de la mortalidad general, un 3,4% más mortalidad respiratoria o un 1,4% más por causa cardiovascular (62).

A la vista de lo anterior, parece lógico preocuparse por conocer las consecuencias que tiene una actividad física sana, como es rodar en bicicleta, practicada en un entorno insalubre.

Dos de los elementos contaminantes relacionados con el tráfico son las partículas de carbón en suspensión y el dióxido de nitrógeno.

En la ciudad de Boston, Massachusetts diversas personas rodaron con sensores móviles de contaminación



fijados a sus bicicletas y por tres tipos de itinerarios: separados del tráfico, carriles bici adyacentes al mismo y carriles para bicicletas y autobuses (63).

Las concentraciones de partículas de carbón y de dióxido de nitrógeno recogidas en las dos rutas adyacentes al tráfico o compartidas con buses fueron significativamente más elevadas que las de los caminos separados, exclusivos para bicis.

Aproximadamente un 33% más contaminación fue detectada por los sensores en los dos primeros casos.

La proximidad a los vehículos que generan contaminación y la mayor ventilación pulmonar debida al ejercicio físico fueron también las evidencias que, para mejorar la salud en la práctica del ciclismo, impulsaron en Berkeley, California, la creación de una red de calles residenciales o “Bicycle Boulevards”, para uso exclusivo de ciclistas (64).

Equipados en sus bicis con sensores de polución y GPS, 15 personas adultas y sanas hicieron recorridos por esas calles exclusivas y por otras de tráfico general e intenso, apreciándose en éstas aumentos sustanciales en su exposición a partículas contaminantes finas y ultrafinas, a las de carbón y al monóxido de carbono.

Afortunadamente, los estudios que se les realizaron antes y después de circular no mostraron efectos respiratorios negativos agudos en esas personas sanas, pero no pueden descartarse en otras con afecciones como el asma o que tales problemas aparezcan a lar-

go plazo, por lo que a las instituciones responsables se les debe pedir que la promoción del uso de la bicicleta como medio de desplazamiento sostenible se acompañe de medidas para que esa práctica sea segura y saludable.

El tema es suficientemente importante como para que más investigaciones se ocuparan de él.

Otro estudio que abordó el efecto de alejar los recorridos ciclistas de la proximidad de los vehículos a motor trabajó con un grupo de 35 personas sanas de 39 años de media, con un 29% de mujeres entre ellas (65).

La concentración de partículas y su tamaño, la percepción de olor desagradable, así como índices de inflamación respiratoria aguda, la función pulmonar y la presencia de células inflamatorias en esputo fueron algunos de los aspectos investigados.

Al igual que en el estudio anterior, todos esos factores fueron sustancialmente menores en los recorridos alejados del tránsito de vehículos a motor, tal como la lógica dicta.

En cambio, de nuevo quedaron sin objetivar cambios inflamatorios agudos en las vías respiratorias.

Con una muestra humana de menor tamaño (12 personas), estudiadas antes de rodar, justo después de hacerlo y 6 horas más tarde, sí se consiguió medir cierta respuesta irritativa justo tras andar en la zona contaminada, con aumento de la exhalación de óxido nitroso, y una disminución de la función pulmonar 6 horas después de finalizar el recorrido (66).

Un caso especial es el de las personas cuya actividad laboral se realiza sobre la bicicleta y circulando por zonas preferentemente urbanas, en contacto directo con el tráfico de vehículos a motor y su contaminación: el personal de mensajería y reparto en bicicleta.

Una exposición a la polución durante 8 horas diarias, como mínimo, combinada con su actividad física y la consiguiente necesidad de ventilar más que cualquier otra persona en reposo, hacen temer un mayor riesgo teórico para su salud, a pesar de que algún estudio afirma que los niveles de contaminación son menores en la calle que dentro de los propios vehículos a motor de explosión (67), mientras otros aseguran lo contrario (68).

En cualquier caso, las investigaciones sobre el esfuerzo que realizan tales profesionales de la bicicleta apuntan a que gastan un promedio de unas 4,8 veces más energía que en reposo, por lo que el volumen de aire que respiran es al menos unas 4 veces superior respecto a quien se sienta tras el volante, lo que agrava su exposición a la polución y las posibles consecuencias negativas.

En lugares en que el aire no reúna condiciones suficientes de salubridad, estas personas particularmente expuestas a la contaminación debieran procurar desplazarse por las vías más alejadas del tráfico intenso e incluso utilizar elementos de protección, como mascarillas, para sus vías respiratorias.

Bicicleta y medio ambiente

Desde una sensibilidad ecológica encontramos ventajas importantes en el uso de la bicicleta como medio de desplazamiento, especialmente respecto a los vehículos a motor.

Una es la ausencia de ruido, lo que resulta especialmente amigable en ciertos entornos.

Otra gran ventaja de la bicicleta, desde el punto de vista de la sostenibilidad, es la de no utilizar combustibles fósiles.

Como consecuencia de ello, en cuanto a la generación de CO₂, pedalear es una opción más ecológica que otros medios de locomoción por impulso no humano, al no producir, durante esa actividad, gases de efecto invernadero.

En cambio, en los vehículos a motor más habituales, si consideramos de nuevo exclusivamente su periodo de

uso, y no el de fabricación, apreciamos que un coche de tamaño medio produce aproximadamente 0,133 kg de CO₂ por cada kilómetro recorrido y cada ocupante.

Otras alternativas de movilidad, colectivas en estos casos, como pueden ser el autobús, el metro o el tranvía, emiten aproximadamente la mitad que el coche: 0,069 kg, 0,06 kg y 0,042 kg de CO₂ respectivamente, también por kilómetro y persona (69).

Por lo tanto, desde este punto de vista resultan evidentes las ventajas que el uso que la bicicleta ofrece para conseguir un transporte sostenible y un entorno más saludable en el ámbito urbano y periurbano.



La bicicleta fuera del planeta Tierra: beneficiosa incluso en el espacio

Uno de los problemas de los viajes y estancias prolongados en el espacio exterior es el impacto que la microgravedad produce en el ser humano.

La ausencia de la fuerza de gravedad terrestre hace innecesaria buena parte de la capacidad cardiovascular y del trabajo muscular para realizar esfuerzo físico.

Como consecuencia, hay un deterioro de la densidad ósea, una merma de la fuerza y una pérdida de la adaptación cardíaca al ejercicio.

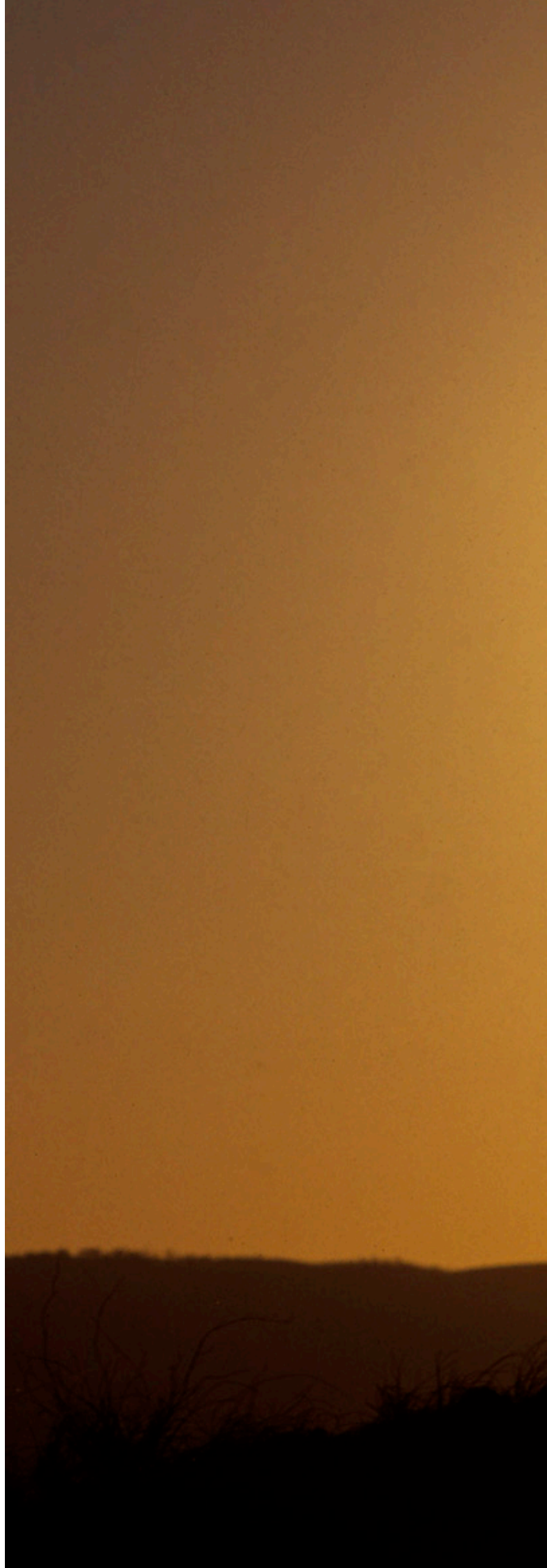
En la lucha contra esos nocivos efectos sobre la salud, la bicicleta, en este caso estática, se postula como una opción válida para mantener la necesaria condición física durante misiones espaciales de larga duración, como las permanencias en estaciones orbitales o los futuros viajes a planetas vecinos (70).

Para ello, los estudios realizados se basan en el uso de bicicletas estáticas en las que el pedaleo mueve una especie de centrifugadoras con masas en sus radios, cuya inercia es preciso vencer. Con el esfuerzo realizado se ha demostrado que se logra el mantenimiento de una condición cardiovascular y musculoesquelética saludables (71).

Otra forma en que la bicicleta puede ayudar a luchar contra los perniciosos efectos de la microgravedad es sustituyendo la fuerza de atracción terrestre por la centrífuga.

El sistema diseñado para el espacio consiste en un par de bicicletas unidas por un bastidor en posición inversa y opuesta, a 180°, que ruedan sincrónicas en una jaula cilíndrica, en torno al eje central de la misma (72).

Al pedalear en ellas se genera una fuerza centrífuga, en sentido de cabeza hacia pies, capaz de estimular las respuestas del organismo equivalentes a las de la gravedad, algo fundamental para mantener la normalidad de los tejidos óseo, muscular y cardiovascular.





EN SÍNTESIS

- **Los beneficios para la salud que genera el uso de la bicicleta por grandes colectivos** superan los riesgos que conlleva su empleo como medio de desplazamiento.
- **Su empleo**, incluso de forma ocasional, **produce una mejora de la calidad de vida**, física y psicológica, si bien la diferencia es más significativa en hombres que en mujeres.
- **Frente a la obesidad**, el ejercicio en bicicleta gasta menos calorías y oxida menos grasa que andar a la misma frecuencia cardíaca, pero **es más respetuoso con las articulaciones**.
- **En la infancia rodar en bicicleta se relaciona con menor riesgo de sufrir sobrepeso**, pero andar a pie resulta ser más eficaz para adelgazar.
- **El denominado “ciclismo pasivo”**, en que una o ambas piernas son movilizadas por una máquina realizando el gesto de pedaleo genera en personas con limitaciones de movimiento suficiente gasto energético como para frenar los efectos de la inactividad física.
- **Durante el embarazo no se altera la eficiencia del pedaleo**, pero el aumento de masa incrementa el coste de los desplazamientos.
- **Durante el periodo de menstruación**, los elementos absorbentes internos o las copas menstruales son los elementos de elección para seguir montando en bicicleta.
- **De los elementos mecánicos de esta máquina y de su ajuste dependen muchas de las patologías declaradas por ciclistas**, existiendo una estrecha relación de causalidad.
- **Los manillares muy bajos, las tallas cortas del cuadro y las presiones elevadas en los neumáticos** pueden generar **alteraciones en los discos intervertebrales**, mientras que las posiciones menos aerodinámicas y las presiones bajas se toleran mejor.
- **En ciclistas varones, el diseño y ajuste del sillín pueden alterar la próstata**, pero no falsean los valores de PSA, fPSA, gonadotropinas, FSH, LH y otros índices utilizados en pruebas diagnósticas urológicas. En cambio, sí pueden generar, de forma temporal, parestesias genitales y descenso de la potencia sexual.
- **La mayor amplitud de la pelvis femenina** entre las tuberosidades isquiáticas y la menor altura de su pubis **aconsejan el empleo de sillines específicamente diseñados para ellas**, y un correcto ajuste de la posición para evitar compresiones y alteraciones genitales.
- **La badana permite reducir la presión y el rozamiento**, así como amortiguar los impactos y mantener más seco el periné.
- **El uso de la bicicleta** no aporta beneficios apreciables de la densidad ósea.
- **Las cargas que soportan las articulaciones de las piernas son menores rodando en bicicleta que andando**, por lo que ésta máquina resulta útil para la rehabilitación articular. Y mediante ciertos ajustes, podemos influir en unas u otras articulaciones y músculos.
- **Andar en bicicleta mejora el equilibrio**, el tiempo de decisión y el de respuesta ante un riesgo de caída por parte de personas adultas.
- **La polución incrementa sus efectos nocivos sobre la salud de las personas que ruedan en bicicleta**, debido en parte al mayor volumen de aire respirado según la intensidad del esfuerzo.
- **Desde un punto de vista medioambiental, son notorias las ventajas de la bicicleta** respecto a otros medios de locomoción en cuanto a producción de gases de efecto invernadero y emisión de ruido.
- **El pedaleo se utiliza en instalaciones espaciales para compensar los efectos nocivos de la microgravedad** en la capacidad cardiovascular y muscular de astronautas.



A photograph of a rainy night street scene. In the foreground, a dark-colored bicycle lies on its side on a wet, reflective pavement. In the background, several pedestrians are walking, some holding umbrellas. The scene is illuminated by warm, yellow streetlights, creating a moody and atmospheric setting. The overall tone is somber, reflecting the 'dark side' mentioned in the title.

EL LADO OSCURO DE LA BICICLETA:

ACCIDENTES Y LESIONES





Riesgos de la bicicleta

El conocimiento es la mejor herramienta para reducir el riesgo, y en el caso de la bicicleta podemos distinguir dos grandes grupos de riesgos: los debidos al hecho de rodar sobre terrenos variados, compartiendo espacios con personas y vehículos, y los inherentes a la propia máquina.

Entre los primeros, encontraremos caídas, colisiones y atropellos, mientras el segundo grupo hace referencia a sobrecargas por uso excesivo o por elementos en malas condiciones, mal ajustados o inadecuados.

En este último sentido, una revisión epidemiológica afirma que el 94% de las y los ciclistas profesionales experimenta a lo largo del año al menos una lesión por sobreuso, siendo la rodilla la región anatómica más afectada (73).

Para conocer más sobre el tema, 518 cicloturistas, de los que 294 eran hombres y 224 mujeres, cuya selección se hizo

al azar, cumplieron un estudio sobre sus antecedentes patológicos generados por el uso de la bicicleta (74).

Un 85% refirió haber padecido en una o más ocasiones lesiones por sobreuso, requiriendo tratamiento médico el 36% de esas personas.

El cuello, en un 48,8% de los casos, las rodillas, en el 41,7%, el periné, en el 36,1%, las manos, en el 31,1% y la espalda, en el 30,3%, fueron las localizaciones más frecuentes.

Atendiendo a las sobrecargas, el uso de desarrollos excesivamente largos da lugar a la mayor parte de los problemas de salud, al generar cargas articulares y tensiones musculares más elevadas de lo que sería deseable (74).

El funcionamiento de esas estructuras es adecuado en un estrecho margen de resistencia al movimiento, y no tener en cuenta esos límites genera, en Estados Unidos, unas 500.000 consultas médicas, según el estudio antes citado.

De menor gravedad, pero igualmente molestos, hasta un 60% de las personas que utilizan la bici-

cleta de forma habitual refieren padecer dolores en cuello y espalda relacionados con esa práctica, y también suelen sufrirse ciertas neuropatías, como la cubital, en la mano, y la del nervio mediano plantar, en el pie, o la del nervio pudendo, en la región perineal (76).

Curiosamente, en ese estudio se cita las descargas eléctricas de las tormentas como la cuarta causa de asistencia de ciclistas a Neurología.

Volviendo a la región perineal, no podemos obviar el riesgo objetivo de sufrir molestias y lesiones por la presión, combinada con el rozamiento, en esa zona, dando lugar a irritaciones, foliculitis, uretritis, prostatitis, impotencia o traumas en genitales externos femeninos, por citar algunas de las posibilidades más frecuentes.

Resaltando la importancia de los detalles, el ajuste incorrecto de altura del manillar respecto al sillín es una de las causas de riesgo para la integridad del suelo pélvico femenino.

Cuando el agarre de conducción está excesivamente más bajo, situación buscada para mejorar la aerodinámica, se aprecia un aumento significativo de la presión perineal y una disminución de la sensibilidad en la región vaginal anterior y en los labios genitales (43).

Afortunadamente, este tipo de neuropatías generadas son reversibles, y evitables mediante la modificación de los ajustes.

Entre los riesgos incluiremos también la colisión o contacto inadecuado y violento con elementos de la bicicleta, como el cuadro, el manillar, su tija, los discos de freno, o los radios (77).

Cabe citar que el manillar y el sillín son dos de los elementos implicados con frecuencia en los traumatismos abdominales y genitales.

Sin embargo, los riesgos más graves por uso de la bicicleta derivan de su relación con el entorno.

Los impactos con vehículos a motor, contra ciclistas o contra peatones, así como problemas generados por las superficies de rodadura, con excesiva rugosidad, irregulares o de baja adherencia, y los fallos mecánicos son las causas más comunes de accidente traumático.

Respecto a la localización anatómica de las lesiones, las de la cabeza son las más frecuentes en los accidentes fatales, siendo constatable que en la mayoría de ellos, las víctimas no utilizaban casco de protección.



En cuanto a su naturaleza, las contusiones, abrasiones, erosiones, esguinces y fracturas son las lesiones más habituales.

Atendiendo a su distribución, la mano, la muñeca, el antebrazo, el hombro, el tobillo y la pierna son las ubicaciones más comunes en que recaen los traumas.

En las colisiones con vehículos a motor, los factores que más inciden en su frecuencia son el volumen de tráfico, las intersecciones y las obstrucciones de la trayectoria, mientras que las carreteras en buenas condiciones y la presencia de edificios y vigilancia rebajan la gravedad de las mismas (78).

Conviene recordar que el mayor porcentaje de fallecimientos de personas en bicicleta se genera en colisiones con vehículos a motor.

Un estudio del registro de la Dirección General de Tráfico española, entre los años 1993 y 2009, nos permite anali-



zar la influencia del género y de la edad en los accidentes por colisión de vehículos a motor contra bicicletas, estando estas pasivamente involucradas (79).

9.084 personas de entre 5 y 79 años fueron atropelladas por vehículos en situación de infracción, y del estudio de los datos se aprecia que los varones eran más propensos que las mujeres, en general, y que esa diferencia entre géneros aumentaba con la edad, aunque en los últimos años se estaba igualando.

Tanto hombres como mujeres sufrían más accidentes cuanto más jóvenes eran.

Por otra parte, los varones tenían más riesgo rodando en carreteras abiertas, y las mujeres y ciclistas más jóvenes, en las zonas urbanas.

Respecto al uso del casco en el momento del accidente, carecían de él con especial frecuencia las mujeres de entre 15 y 34 años y los hombres entre 15 y 29.

Esos datos debieran ser tenidos en cuenta a la hora de dirigir las campañas de prevención hacia el público más indicado.

Otra buena fuente de información, centrada en este caso en el entorno urbano, es el “Informe de siniestralidad ciclista y peatonal en Vitoria-Gasteiz 2013-2015” (80).

En su histórico de datos, que abarca desde 2008 a 2012, se aprecia que los meses con mayores siniestros de ciclistas en la ciudad son los de julio y septiembre, estando implicados los varones en más de un 70% de los casos.

Como promedio en esos años, en torno a un 68% de los accidentes había ocurrido entre ciclistas y vehículos a motor, y aproximadamente un 10% fue con peatones.

Con estos últimos se aprecia que, como es lógico, el espacio más conflictivo en cuanto a colisiones ciclista-peatón es el de aceras y zonas peatonales, acumulando más del 55% de los siniestros, mientras en la calzada tienen lugar un 23% aproximadamente, y en las vías ciclistas en torno a un 14%.

Ese mismo “Informe de siniestralidad” analiza las causas de los accidentes ocurridos en 2012 en aquellos casos en que era posible:

CAUSA DEL ACCIDENTE	%
Falta de diligencia y atención de la persona ciclista	18,1 %
Vehículo motorizado no respeta la prioridad	14,1 %
Ciclista montado por paso cebra sin prioridad	13,4 %
Falta de diligencia y atención de quien conduce el vehículo motorizado	9,7 %
Incorrecta incorporación bicicleta a la vía	4,5 %
Pérdida de control de la bicicleta sin injerencia externa	4,5 %
Incorrecta incorporación vehículo a motor a la vía	3,5 %

Otra visión del riesgo la podemos obtener de un amplio trabajo que analizó todas las muertes conocidas en Estados Unidos debidas a accidentes de bicicleta con vehículos a motor durante el año 2008 (81).

711 fallecimientos, equivalentes a 2 muertes por millón de habitantes y año, fueron estudiados, apreciándose algunas diferencias entre Estados, como en el caso de Florida, que triplicaba la media del país.

El perfil más habitual de las personas fallecidas era el de un hombre que viajaba por la tarde o de noche. Y el del vehículo que los había atropellado, si era coche, en un 43% de los casos era de gran tamaño y caro, frente a un 37% de casos en que era más reducido y económico (10.603 \$ frente a 8.118\$ de precio de reventa medio estimado).

En el caso de los camiones, estaban involucrados en un 19% de los fallecimientos, con una distribución de 11% para los de mayor tamaño.

La colisión con motocicletas provocó el 1% de las muertes de ciclistas.

En zonas urbanas, alguna de las revisiones de accidentes con bicicletas implicadas recoge que la zona anatómica con mayor riesgo de resultar dañada es la extremidad superior, que las fracturas constituyen el 20% de las lesiones, y que el 11% son atropellos de peatones, por lo que el estudio sugería la necesidad de sensibilizar a ambos, peatones y ciclistas de sus condiciones de convivencia en la calle y de utilizar guantes para bicicleta (82).

Si atendemos a los accidentes sufridos por ciclistas, sin intervención de otro elemento, una revisión de la casuística de diversos Estados (83), principalmente occidentales, indica que el 17% de los fallecimientos ocurre de esa forma, con variaciones de entre un 5 y un 30% en función del país considerado.

Y entre un 60% y un 95% de las admisiones de ciclistas en servicios de emergencias son debidas precisamente a accidentes en solitario, sin más personas implicadas.

Una reciente revisión de la literatura generada sobre la seguridad en los recorridos urbanos (84), puntualizaba que uno de los marcadores de los países desarrollados con una red amplia de recorridos urbanos para bicicletas es que éstos estén separados del tráfico de vehículos a motor y cubran las principales rutas.

Este tipo de diseño, con un solo sentido de marcha, es el más seguro, especialmente en los cruces, generando menos accidentes y lesiones.

Pero hay ocasiones en que las opiniones son contradictorias.

Algunas tendencias constructivas en los Estados Unidos sugerían priorizar el tráfico de bicicletas integrado en las calles en lugar de realizar carriles bici separados, argumentando una supuesta mayor seguridad de la primera opción.

En Montreal, ciudad canadiense con una amplia red de carriles bici separados del resto del tráfico, analizaron los accidentes de ciclistas en 6 recorridos equiparables de ambos tipos de diseño (85).

Contabilizando su uso, 2,5 veces más ciclistas rodaban por pistas específicas que por las calles.

Se encontraron 8,5 lesiones y 10,5 accidentes por cada millón de kilómetros recorridos, y se apreció también que el riesgo de lesión en las rutas para bicicleta era aproximadamente un 30 % menor que en las calles, echando por tierra la hipótesis argumentada en USA.

Un estudio sobre la accidentabilidad de ciclistas no infractores en España, abarcando el periodo 1993-2009, analizaba la “razón de tasas de exposición” o RTE, rela-

cionando el número de ciclistas pasivamente afectados por accidentes con la población total de su mismo género y grupo de edad (86).

En todo el rango de edad, la población masculina estaba más expuesta al riesgo que la femenina, y la diferencia entre ambas se hacía mayor a partir del grupo de 20-29 años, en que el riesgo era 4,5 veces mayor para ellos, y llegaba a ser 25 veces superior a partir de los 65 años.

Atendiendo a la edad, los varones presentaban la mayor exposición entre 15 y 19 años, descendiendo paulatinamente hasta el grupo de más de 74, mientras en las mujeres el rango más expuesto era el de 20 a 24 años y la disminución del riesgo disminuía con la edad de forma más llamativa que la masculina.

Un análisis realizado en el Departamento francés de Ródano con los accidentes sufridos por ciclistas, ciclomotores o motos, peatones y automóviles entre noviembre de 2005 y abril de 2006 apreciaba que era el grupo de 18 a 25 años de edad el que más riesgo corría de sufrir accidentes de diversa gravedad, así como que tan solo quienes se desplazaban en ciclomotores o motos tenían, en proporción al tiempo y distancia de los viajes, más accidentes que quienes lo hacían en bicicleta (87).

Centrándose en las lesiones serias de ciclistas, un estudio analizó los casos de 3390 ciclistas que habían sufrido un accidente y habían recibido atención en 7 departamentos de emergencias de hospitales de la zona de Seattle (88).

El 51% de esas personas llevaban casco en el momento del accidente, y sólo el 22,3 % sufrió lesiones en la cabeza, y un 34 % en la cara.

Las lesiones cervicales no dependieron del uso de casco, pero guardaban estrecha relación con las colisiones con vehículos a motor.

De hecho, ese tipo de colisión, la velocidad propia elevada y la edad inferior a 6 años o superior a 39 años fueron los factores que incrementaban el riesgo de sufrir lesiones de mayor gravedad.

El estudio indicaba que, por orden de importancia en cuanto a intervenciones, una separación efectiva respecto a vehículos a motor debiera aportar una importante mejora en la seguridad.

Pero también cabe recordar que para utilizar este vehículo en calzadas abiertas al tráfico de otros móviles no es preciso acreditar ningún conocimiento de las normas de circulación.

Queda claro que el uso de este invento que entretiene, da trabajo y transporta a millones de personas en todo el mundo conlleva también ciertos riesgos.





El manillar, lesiones traumáticas y tecnopatías

Tras su aparente sencillez, esta parte de la bicicleta oculta numerosas posibilidades de regulación, y también ciertos riesgos para la salud, cuando no es correctamente ajustada o utilizada.

Además de lo que podemos calificar como “tecnopatías”, el manillar es también causa de lesiones traumáticas, especialmente en el caso de ciclistas muy jóvenes.

Un estudio sobre el tema analizando las lesiones sufridas por 462 personas de menos de 17 años que habían sufrido caídas de bicicleta puntualizaba que el 9% de las lesiones eran debidas al manillar, y que éste había generado el 19% de todas las lesiones internas (89).

La distribución por tipo de lesión atribuía al golpeo contra el manillar el 45,4% de las lesiones sufridas por órganos macizos y el 87,5% de las de órganos huecos, así como el 66,6% de las afecciones vasculares o linfáticas.

Además, el 100% de las lesiones pancreáticas sufridas por caída era debido a la acción de esta pieza de la bicicleta, que es 10 veces más propensa a causar problemas graves de salud, especialmente abdominales, que otras partes de la máquina.

Otro análisis, realizado en Estados Unidos, de un año de duración y con 1100 niños y niñas que habían padecido lesiones serias en órganos internos en accidentes de bi-

cicleta sin vehículos a motor implicados, citaba que 900 de esos casos se debían al manillar.

Ante esa evidencia, los impactos contra él deben hacer sospechar la posibilidad de lesiones internas que deben ser descartadas en la exploración.

Cuantificando el coste económico de esas lesiones en EU y durante el año 1997, citan 9,6 millones de \$ en gastos de hospital, 10,0 millones en costes médicos de por vida, 11,5 millones en pérdidas de productividad permanentes y 503,9 millones de dólares más en gastos por discapacidad a largo plazo (90).

Muy llamativas son también las heridas generadas por sus extremos, sobre todo cuando no están protegidos por topes macizos, quedando expuesto su afilado perfil circular, que puede actuar como un sacabocados cuando cualquier parte anatómica cae sobre él con gran energía cinética.

Tal es así que en un estudio sobre 187 niños y 32 niñas de entre 4 y 17 años en hospitalización por traumatismos abdominales debidos al manillar, la mayoría presentaba marcas externas del extremo de esa pieza (91).

En el grupo, la afectación más frecuente era la laceración hepática, 33 pacientes presentaban lesiones pancreáticas y 13, de órganos huecos.

Como consecuencia, 24 pacientes debieron ser intervenidos quirúrgicamente, y el resto sanó con tratamientos conservadores, con una estancia hospitalaria que osciló entre 4 y 60 días, siendo la media de $9,36 \pm 13,37$ días.

Las lesiones en muslos, abdomen o genitales que pueden producirse en esos casos serían quizás evitables, o

de menor gravedad, tapando las terminaciones de los tubos del manillar, especialmente en las bicicletas para jóvenes, mediante aditamentos de superficie amplia.

Otro elemento potencialmente agresivo es el extremo superior de la horquilla de la bicicleta y su unión con la potencia del manillar.

Las que están diseñadas de forma que el ajuste de altura se hace desplazando la potencia a lo largo de su tubo, inducen a dejar sobresaliendo hacia arriba varios centímetros, especialmente cuando la bicicleta es para personas en edad de crecimiento, con el fin de garantizar que seguirán sirviendo en el futuro.

Pero la prominencia que se genera puede ser muy agresiva en caídas con proyección hacia delante del cuerpo, tal como en bloqueos de la rueda delantera o en colisiones frontales.

Reducir al mínimo lógico esa protuberancia, o protegerla con elementos que aumenten la superficie de apoyo en caso de caída, son formas de reducir el riesgo de lesiones severas.

Además del riesgo traumático, el manillar puede generar o favorecer también dolencias en cuello y muñecas, bien a causa de su ajuste o de la forma de uso que se le dé.

Algunos diseños permiten varias posiciones de agarre, lo que ofrece diferentes posturas corporales, angulaciones articulares y esfuerzos musculares.

Tal es el caso de los manillares “de carreras” o de los que llevan acoples o “cuernos”.

Desde el punto de vista ahora de las tecnopatías, esa pieza tiene también muchas cosas que decir.

Un caso evidente es el de rodar sujetándose en una posición excesivamente baja, en los semimanillares, que si bien no afecta especialmente a la lordosis lumbar y a la cifosis torácica respecto a hacerlo en la posición alta, sí lo hace con la lordosis cervical.

De hecho, genera en esa región de la columna una hiperextensión extraordinaria.

En las posiciones aerodinámicas, muy horizontales, que se obtienen con ese agarre bajo del manillar, otro de los aspectos que cambia radicalmente frente a posturas más erguidas es el momento de carga que experimenta la unión de la 7ª vértebra cervical con la 1ª torácica.

Algún estudio lo cuantifica, citando que el cambio de posición multiplica por tres el esfuerzo mecánico de ese punto cuando adoptamos la postura más competitiva (92).

Por eso, llevar la cabeza “en voladizo”, con el peso añadido del casco, en su caso, exige de la musculatura para vertebral un trabajo extra que, con frecuencia, da lugar a cervicálgias.

De lo anterior se desprende la conveniencia de adoptar posiciones de agarre elevadas en caso de sufrir deterioro de la parte alta de la columna vertebral.

Como es lógico, esa opción no es válida para quienes utilizan la bicicleta como herramienta de competición en ruta.

Además, un estudio que examinaba en 28 ciclistas las curvaturas naturales de la columna vertebral en pie y durante un agarre superior del manillar, en escaladores, en los semimanillares o con manillar de contrarreloj, encontraba que cuanto más bajo era el agarre, mayor era la inclinación anterior de la pelvis.

Por otra parte, la lordosis lumbar fisiológica pasaba a ser cifosis en todas las posiciones testadas, mientras que la angulación de la cifosis dorsal fisiológica se suavizaba al agarrarse en el manillar, en cualquiera de las cuatro alturas citadas, si la distancia sillín-manillar era correcta (93).

Estos cambios de curvatura en el plano sagital pueden asociarse con alteraciones de la columna, por lo que es preciso controlarlas para evitar patologías.

Otra tecnopatía, derivada en este caso de un incorrecto agarre alto del manillar, es la que afecta a las manos, por la acción combinada de la hiperextensión de la muñeca con las vibraciones del manillar.

Ese gesto produce una extensión y/o compresión del nervio mediano en el canal carpiano, y la aparición de parestesias u hormigueos en la región que inerva.

En esa posición, también el cubital puede resultar afectado, en función de la forma de agarre (26).

Con manillares planos, habituales en las bicicletas de paseo y de montaña, cuando la orientación de sus puños no se ajusta a la inclinación natural del eje de agarre de la mano, puede producirse también una compresión del borde cubital de ésta.

Además, si el manillar está bajo respecto al sillín, el reparto de pesos desviado hacia el eje anterior facilita la aparición de parestesias en el territorio de dicho nervio, fácilmente solucionables ajustando la posición y mejorando la amortiguación de vibraciones, bien sea mediante empuñaduras de calidad, el encintado del manillar o utilizando guantes adecuados (94).



Efectos de las vibraciones de la bicicleta

Algunos de los efectos negativos para la salud que el uso de la bicicleta puede acarrear son generados por las vibraciones que se transmiten desde el suelo hasta el cuerpo.

Cierto es que, para algunas partes del organismo, andar en bicicleta es mucho más suave que correr a pie, hasta el punto de que la máquina ocasiona prácticamente la mitad de aceleraciones en la región abdominal, lo que reduce el riesgo de molestias gastrointestinales (95), pero eso no es igual para toda nuestra anatomía.

Recordaremos que entre la bicicleta y quién la conduce hay cinco puntos de contacto: las dos manos, los dos pies y el periné, quedando fuera de esta descripción el Ciclismo Adaptado.

Y rodar sobre firmes irregulares genera continuos desplazamientos del centro de gravedad del conjunto bicicleta-ciclista, cuya frecuencia, dirección y magnitud son muy variadas.

En las posiciones convencionales más aerodinámicas, con una importante diferencia de cotas entre el manillar y el sillín, ubicándose éste más alto, una parte importante del peso personal recae en las manos.

Esto magnifica el efecto de las irregularidades del terreno en la cadena mano – antebrazo – brazo – cintura escapular, afectando también a la columna vertebral cervical.

Un estudio recientemente realizado (96) analiza las vibraciones que soporta el antebrazo en 10 personas rodando sobre asfalto liso, pavimento de hormigón rugoso y sobre una carretera bacheada. Y todo ello, con una bicicleta de monte y con otra de carretera.

Las aceleraciones sufridas con la bici de monte en esos tres terrenos eran de 2,56, 7,04 y 10,76 metros por segundo al cuadrado, de promedio.

Con la bicicleta de carretera, en cambio, las cifras ascendían a 4,43, 11,75 y 27,31 ms^2 .

Se aprecia que la bicicleta de carretera filtra mucho menos que la de monte las vibraciones generadas por el terreno.

Para tener una referencia, diremos que con carretera bacheada y bicicleta de monte la magnitud de las contracciones de la musculatura extensora del antebrazo llega a

ser hasta del 50% de su máxima contracción voluntaria, y con la bicicleta de carretera, los flexores del antebrazo se esfuerzan hasta un 45,8% de su máximo.

Esos valores hacen que conducir la bicicleta en esas condiciones nos someta a riesgos circulatorios, neurológicos y musculoesqueléticos.

Agarrar fuerte el manillar y carecer de elementos filtran-tes de las vibraciones son aspectos que incrementan el riesgo potencial.

En el primer caso se reduce la amplitud de las vibraciones, pero aumentan las fuerzas de contacto en las manos (97) y se favorece, como poco, la falta de confort.

¿A qué se debe que tengamos que soportar vibraciones excesivas?

La rigidez en las distintas piezas de la bicicleta favorece su estabilidad y la transmisión de potencia durante el pedaleo, sacrificando en aras a ello la amortiguación y la comodidad.

Por eso la indeformabilidad es una de las cualidades buscadas al fabricar un cuadro.

Otros elementos que influyen en la rigidez de la bicicleta son las llantas, las características de las cubiertas, el tipo de sillín y la disponibilidad de amor-

tiguación en uno o ambos ejes, e incluso en la tija del propio sillín.

Invirtiendo el argumento, todos esos elementos podrán utilizarse para lograr una máquina más “amable” y cómoda. Que filtre mejor las irregularidades del camino y limite sus efectos negativos.

También hay que recordar que algunas prendas y otros elementos pueden hacerlo.

Por ejemplo, el uso de guantes con protecciones de diferentes materiales en la región palmar, así como el encintado del manillar con material acolchado, reducen las vibraciones que llegan a las manos, y el de badana o gamuza en la zona de apoyo de pantalones y culotes logra el mismo efecto para la región perineal.

Debemos citar que, en posiciones no aerodinámicas, sobre la rueda trasera recae el mayor porcentaje del peso corporal, y que la presión a la que se infla su neumático influye directamente en la cantidad y amplitud de las vibraciones que llegan al sillín.

Por lo general, las vibraciones aumentan con la velocidad de desplazamiento, excepto en algunos terrenos, como ocurre al rodar sobre adoquines, caso curioso en que el aumento de la velocidad reduce la amplitud de esos movimientos (97).





Detalles prácticos para reducir las vibraciones

Hay situaciones en las que es fundamental reducir las vibraciones e impactos que recibe el organismo durante el uso de la bicicleta.

Por ejemplo, cuando hay riesgo de sufrir una inflamación de la próstata, o cuando el estado de la columna vertebral cervical no es el mejor.

Si por criterio médico no hay una contraindicación absoluta para montar en la bici, la alternativa para mejorar la tolerancia es intercalar entre el suelo y nuestro cuerpo tantos elementos de amortiguación como sean posibles.

Podemos comenzar por utilizar unas cubiertas de generosa sección y que puedan ser utilizadas con baja presión de inflado.

Los siguientes puntos de atención siguen estando en las ruedas. Sería recomendable usar llantas poco rígidas, de sección baja, y hacer que sus radios sean montados con varios cruces, en lugar de ser rectos.

El cruzado de esos elementos da cierto componente tangencial a los impactos de la rueda, reduciendo su magnitud respecto a ruedas dotadas de radios rectos, de bastones o de lenticulares y paraculares, que transmiten violentamente las irregularidades de la carretera.

El diseño y tipo de la horquilla es otra opción en la que podemos intervenir para filtrar las vibraciones.

Las de formas redondeadas en su zona inferior, con mucho lanzado o adelanto del eje de la rueda respecto al eje de giro de la horquilla, son más flexibles que las denominadas rectas.

Pero el máximo de filtración lo conseguiríamos poniendo una horquilla con suspensión.

Y antes de llegar a las manos, el tipo de manillar, forrarlo con cinta de mayor o menor espesor, suavidad y agarre, y ponernos unos guantes con su cara palmar protegida mediante piezas de gel u otras sustancias similares serían los recursos para reducir los efectos de los movimientos de la rueda en la parte superior del cuerpo.

En cuanto al otro apoyo de la bici en el suelo, que es la rueda posterior, actuar con ella igual que hemos descrito para la anterior será la primera opción.

Además, podemos dotar de suspensión a ese eje trasero, con lo que reducimos la amplitud y velocidad de las aceleraciones que experimentará nuestro centro de gravedad corporal.

La rigidez o flexibilidad del cuadro, por material de construcción y por diseño, es un aspecto en el que, sacrificando precisión de trazada y efectividad de la potencia aplicada al pedalear, podemos obtener una bicicleta más cómoda en cuanto a su capacidad para suavizar los impactos debidos a las irregularidades del terreno.

El siguiente punto a considerar lo encontramos en la tija del sillín. Debemos saber que hay diversos sistemas de amortiguación o suspensión que pueden instalarse justo bajo el punto en que apoyaremos la mayor parte de nuestro peso.

Y llegamos así al sillín, con sus vainas, diseño y su posible material de absorción de impactos y distribución de la presión insertado en las zonas de apoyo.

Por último, en la elección del culote y su badana tendremos otra opción para conseguir que el uso de la bici sea más amable con nuestro cuerpo, especialmente si ya no está para soportar demasiados meneos.

Otras patologías debidas al uso de la bicicleta

Está claro que los eventos traumáticos, por su gravedad, requieren la mayor atención para implementar iniciativas de prevención, pero el uso de la bicicleta puede también generar otros tipos de patología, especialmente cuando se realiza de forma intensiva.

Townes y colaboradores (98) recogieron los problemas de salud sufridos por un grupo de 2100 ciclistas que recorrieron, en julio de 2001, 520 millas desde Minneapolis hasta Chicago.

De ese amplio grupo se atendió un total de 244 personas, de las que 40 fueron trasladadas a centros hospitalarios y 7 debieron quedar ingresadas.

La patología más frecuente fue la deshidratación, constituyendo el 35 % de los casos. Recordemos que la marcha era en el mes de julio.

Las lesiones ortopédicas y por sobreuso fueron la segunda causa de consulta, con un 27 % del total, con lo que, vistas las dos causas fundamentales de problemas de salud, llegaban a la conclusión de que una prevención eficaz era posible mediante consejos previos y durante la realización de las pruebas.

En la misma línea que el anterior, el "Register's Annual Great Bike Ride Across Iowa", que es una prueba cicloturista en la que más de 10.000 participantes recorren 500 millas en 7 días, sirvió para realizar un estudio sobre los problemas de salud más frecuentes durante esa actividad entre los años 2004 y 2008 (99).

Los autores comenzaban su texto describiendo que al celebrarse en julio, la temperatura y grado de humedad ejercían una importante influencia, pero también que predominaban ciclistas a nivel aficionado y que era habitual la presencia de alcohol, perfilando un, "a priori", peligroso panorama.

El análisis se hizo exclusivamente de las personas que requirieron traslado en ambulancia, y se apreciaba que las mujeres eran más propensas a requerir ese transporte, ya que siendo el 35 % de la participación, completaban el 46,3 % de los traslados.

En cuanto a los hombres, el riesgo de precisar asistencia estaba directamente relacionado con el aumento de su edad, especialmente entre 60 y 69 años.

De los 148 casos en que constaba el mecanismo productor del problema, 114 se debían a factores de riesgo del entorno (77,0 %), 29 se debían al terreno de rodaje o carretera (19,6 %) y 5 a problemas técnicos de las bicicletas (3,4 %).

Como era de esperar, la temperatura ambiente y los casos de deshidratación mantenían una relación directa.

Desde el punto de vista traumático, las 45 lesiones óseas predominaron por encima de la cintura (86,7 %), y la más frecuente fue la fractura de clavícula (44,4 % de todas las fracturas), aunque también afectaron a escápula, húmero proximal, mano y cráneo.

De menor gravedad, las heridas por abrasión también fueron más frecuentes en la zona superior del cuerpo, aunque de forma menos rotunda: el 63,5 % (127 de las 200 atendidas), afectando especialmente a la cabeza y extremidades superiores.

Y las lesiones menores, que no requirieron traslado, en un 9,9 % estaban relacionadas con el consumo de alcohol.



EN SÍNTESIS

- **El análisis de riesgos de la bicicleta nos presenta dos orígenes: los derivados del terreno y de compartir espacios con personas y vehículos**, por una parte, y **los inherentes al uso de la propia máquina o tecnopatías**.
- **Más de un 80 % de las personas usuarias sufrirá alguna molestia o lesión por utilizar la bicicleta**, lo que pone de manifiesto la importancia de su buen ajuste.
- **Los problemas más graves se generan por colisiones o por fallos mecánicos**.
- **El perfil más frecuente en esas colisiones es el de una persona joven**. Varón si el accidente ocurre en carretera abierta, y mujer si es en entorno urbano.
- **Un 68 % de colisiones tiene lugar con vehículos a motor, y un 10 % con peatones**.
- **En estadísticas de EEUU, se producían dos muertes por cada millón de habitantes y año**.
- **Los itinerarios urbanos separados del tráfico de otros vehículos y de un solo sentido de marcha se perciben como los más seguros**.
- **El manillar tiene una importante incidencia traumática**, tanto por uso, como por accidente, ocasionando hasta el 45 % de las lesiones de órganos macizos, el 87 % de las de huecos y el 66 % de las afecciones vasculares o linfáticas.
- **Las vibraciones transmitidas desde el suelo al cuerpo son una fuente de problemas de salud**, y los registros muestran que son más intensas en bici de carretera que de montaña.
- **Cubiertas de sección amplia y a baja presión, llantas no rígidas, horquillas curvadas, cinta de manillar acolchada, guantes con elementos filtrantes, suspensiones o sillines son los elementos en que trabajar para reducir vibraciones**.



SEGURIDAD INDIVIDUAL



catlike

mixing

maso
Nalin

catlike

NASTA

POLO AND BIKE



El casco

Aun cuando su eficacia como elemento de protección está bien comprobada, especialmente en el caso de lesiones en la cabeza, y menos en cara y cuello (100), aun no se alcanzan cuotas de uso del casco aceptables y hay diferencias importantes en función de los grupos de edad y de género, aun cuando menores en este aspecto.

No hay muchos estudios sobre la efectividad del casco frente a las lesiones en la cara, pero en el publicado por Hansen y colaboradores, en 2003 (101), estudiando un total de 991 ciclistas que habían sufrido accidentes, se ofrecen algunos datos de interés.

El 82% de los casos afectaban a una sola persona, sin otras implicadas.

De las 991 personas atendidas por los servicios de emergencias un 26,4% usaba casco de carcasa dura, y un 11,4%, de espuma polimérica.

Centrando la atención en quienes sufrían lesiones en la cabeza, excluyendo la cara, el 11,4% utilizaban casco de carcasa dura en el momento del accidente, y el 9,6%, casco de espuma de polímeros.

El análisis estadístico demostraba que el casco rígido reducía el riesgo de padecer lesiones en la cabeza, y que las personas menores de 9 años que utilizaban casco de

espuma tenían más riesgo de padecer lesiones faciales, llegando a la conclusión de que era preciso recomendar el uso de los de carcasa dura.

En experiencias personales hemos podido apreciar que, en ciertos terrenos, el casco de espuma o con una funda textil presenta un mayor rozamiento con el suelo, cosa que en caso de deslizamiento con apoyo de la cabeza pudiera suponer más riesgo de generar torsiones cervicales.

Por otra parte, esas mismas experiencias nos demuestran la escasa protección que los diseños de casco habituales ofrecen a la cara, dejando muy expuestos el maxilar inferior, el apéndice nasal y los pómulos.

Tan sólo las regiones frontal y temporal quedan a cubierto, gracias al grosor del casco en las zonas superiores próximas a ellas.

De las polémicas que sobre el casco, su eficacia o falta de ella y sobre las normativas de uso existen entre ciclistas da fe la gran cantidad de estudios de investigación y de opiniones que podemos encontrar.

Algunas nos pueden parecer incluso extrañas, como la encuesta del “British Medical Journal” entre sus lectores, en la que el 68% de participantes se opone a la obligatoriedad (102).

Una página de interés para crearse una opinión fundada es “Bicycle Helmet Research Foundation” (103).



¿Cuántas y qué tipo de personas utilizan el casco?

Un trabajo amplio es el que incluyó 26.078 estudiantes de 6º a 10º grado de Canadá, bajo estudio entre 2009 y 2010 en el “Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study”.

De ese grupo, 19.410, es decir, tres cuartas partes, usaban la bicicleta, apreciándose un mayor porcentaje en los varones más jóvenes, de familia económicamente pudiente y residentes en pequeñas poblaciones.

En ese colectivo ciclista, aproximadamente el 43% no utilizaba nunca la protección del casco, el 32% lo llevaba de forma ocasional y sólo el 26% lo hacía siempre.

A la hora de analizar los accidentes durante el año previo se apreció que los chicos y las personas recién emigradas a Canadá tenían un mayor riesgo de padecerlos que las chicas y la gente oriunda, no encontrándose diferencias en función del nivel socio-económico (104).

Otro estudio, también canadiense, analizaba el uso de este elemento en Montreal, en 2011 (105).

Se observan 4789 ciclistas en 22 puntos de la isla de Montreal, comprobando que el 46% llevaba casco.

En cuanto al género, el 50% de ellas lo usaba, y el 44% de ellos.

Atendiendo a la edad, el 73% de las personas jóvenes llevaba esa protección, encontrando que entre las adultas tan solo contaban con ella el 34%.

Por otra parte, tan solo el 12% de ciclistas manejando bicicletas de alquiler tenía casco, mientras el porcentaje entre quienes llevaban su propia máquina era del 51%.

Evidentemente, se trata de proporciones de uso del casco demasiado bajas, teniendo en cuenta su eficacia.

En el Estado de Minnesota se realizó en 1999 otro análisis en zonas de escuelas públicas y en rutas para bicicletas, recogiendo respuestas de 2424 personas (106).

El 52,7% eran hombres y en conjunto, el grupo se clasificó también por su edad.

Al contrario que en la anterior muestra canadiense, no se encontraron diferencias en el uso de casco entre ambos géneros.

Quienes más lo utilizaban eran personas de entre 50 y 59 años (el 62% sí lo hacía) y mayores de 59 años, con un 70%.

Sin embargo, encontraban entre 11 y 19 años de edad y entre los 30 y 39 los porcentajes más bajos de uso, no superando el 31%.

Casual y fatalmente, en el Estado español el grupo de 10 a 19 años que no usa casco, tanto en hombres como en



mujeres, resulta ser uno de los más expuestos al riesgo de sufrir accidentes por colisión con otros vehículos (86).

Desde un punto de vista sanitario resulta paradójico que asociaciones, como la estatal ConBici, se opongan a la obligatoriedad de uso de casco en bicicleta. Sin embargo, en una lectura más pausada, vemos que no se manifiesta “anti-casco”.

Entre sus argumentos, se incluye un estudio de “The UK’s National Cyclist’s Organisation”, con un centenar de citas bibliográficas en su apoyo, según el cual la obligación legal conllevaría la disminución del porcentaje de personas usuarias y, por lo tanto, un incremento de los riesgos de rodar en bici, así como una pérdida de beneficios para la salud personal, del medio ambiente o económicos (107).

Curiosamente, en páginas inglesas de ciclismo, como “Cycling UK” prácticamente todas las personas que aparecen rodando en bici en su amplia iconografía llevan casco (108).

¿Por qué no se utiliza el casco?

Analizando los motivos de ese comportamiento, los adjetivos de “incómodo” y “molesto” son los más habituales, así como la percepción de que agobia, da calor o no es necesario, junto a no poseer uno, son los argumentos esgrimidos con mayor frecuencia.

Para saber en qué medida son ciertas algunas alegaciones, como la de reducir la ventilación y agobiar, un estudio analizó el comportamiento de cinco diferentes tipos de cascos puestos sobre maniqués térmicos y sobre personas, midiendo la pérdida de calor que permitían a distintas velocidades y con diferentes ángulos de posición de la cabeza (109).

En conjunto, los cascos permitían que la cabeza evacuará entre un 60% y un 90% del calor que se podía evacuar

sin él, y se apreció que, en tres modelos, con una inclinación de la cabeza de 30° hacia delante era como mejor funcionaba la ventilación, logrando un aumento de hasta el 25% respecto a la posición vertical. En los otros dos la capacidad de evacuación térmica prácticamente no variaba con los cambios posturales de la cabeza.

A la hora de adquirirlo, por lo tanto, es preciso considerar el uso que se le va a dar, ya que el diseño de un casco para competición puede no ventilar adecuadamente la cabeza de alguien que lo use en posición mucho más erguida.

Ciertamente, lograr una buena combinación de protección y ventilación parece no ser fácil, llegando a percibirse como objetivos contrapuestos.

Pero los fabricantes lo intentan mediante diseños complejos, combinando zonas compactas con canales de ventilación destinados a facilitar la circulación de aire.

Comparando 24 modelos diferentes de casco para bicicleta, se apreciaba entre ellos diferencias de hasta un 30% en la capacidad de pérdida de calor en la cabeza y de un 10% en la cara, pero también se encontraron diseños de agujeros y canales que resultaban entorpecer la ventilación (110).

La sección transversal influye levemente en la eficacia para perder calor, pero menos que el ángulo de inclinación de la cabeza, tal como ya habíamos visto en el estudio precedente.

Lo que sí alteraba mucho la pérdida de calor, pudiendo reducirla hasta una octava parte, era la adición al casco de una funda exterior textil, como recurso identificativo y publicitario.

Argumentos y disculpas al margen, es preciso citar que, en cuanto al uso de casco para rodar en bicicleta, se aprecia una cierta tendencia a emular el comportamiento de personas del entorno, como los padres y madres.

Respecto a la percepción de la protección que el casco pudiera aportar, las personas adultas, en un 65,9% opinan que es muy buena, pero solo un 43,9% de las adolescentes opina igual y, por desgracia, en todos los grupos de edad se considera que el riesgo de andar sin casco solo supone un pequeño riesgo de lesión en la cabeza.

¿Qué hacer para corregir esa errónea percepción y la escasa implantación del casco?

Parece que las campañas para promover su uso deben incidir especialmente en la población más joven, con edades inferiores a los 39 años.

Los nuevos diseños, su comodidad, ligereza, ventilación y atractivo son argumentos a emplear, pero es fundamental poner de manifiesto el riesgo y severidad de las lesiones sufridas por no llevar esa protección básica que constituye el casco.

En su estudio, Finnoff (2001) hace también una propuesta educativa: “Si usted usa un casco de bicicleta, no sólo se está protegiendo, sino que también está ayudando a que las personas de su entorno se protejan”.



Tamaño y ajuste del casco

Sin embargo, el uso del casco, sin más, no asegura la protección. Para que cumpla adecuadamente su función protectora ante impactos es fundamental que el tamaño, el ajuste y la estabilidad del mismo sean correctos.

En Sydney, 267 ciclistas de variadas edades, razas y género fueron captadas mientras rodaban, y se les realizaron diversas pruebas en relación con el casco que portaban (111).

En el 91% de los casos cumplía normativas legales de seguridad, lo que no impedía que hubiera casos en los que la forma de la cabeza no se ajustaba a la de los modelos utilizados en las normativas ISO.

El grupo de varones de más edad, superando los 55 años, era quien presentaba con más frecuencia cascos de tamaño o forma incorrectos, mientras los de 35 a 54 eran los más minuciosos en ese aspecto.

Sin embargo, se realizaron pruebas de estabilidad y se comprobó que el aspecto más relevante; el que más afectaba al mantenimiento de una posición correcta, era la regulación de las correas del casco, por encima de la idoneidad de su tamaño y forma.

La población infanto-juvenil también presentaba con frecuencia errores en cuanto a esos dos aspectos: el tamaño y la forma de uso, por lo que el estudio aconsejaba realizar campañas para explicar cómo se deben ajustar los cascos para conseguir la estabilidad adecuada que los haga eficaces.

Algunos detalles sobre el vestuario

Una persona puede utilizar la bicicleta como medio de desplazamiento sostenible y activo para múltiples actividades cotidianas, como hacer compras, ir a estudiar o al trabajo, pasear o acudir a un concierto.

En cada una de esas situaciones puede ser adecuado un vestuario diferente, pero el medio de transporte elegido tiene también sus necesidades o exigencias.

Por ejemplo, llegar a nuestro destino con la ropa empapada en sudor puede no ser agradable, o incluso tolerable, según en qué entorno.

Y desplazarnos con un atuendo impecable, pero de color oscuro, puede no ser seguro.

Por otra parte, las condiciones ambientales cambian ampliamente entre estaciones del año, y bruscamente incluso, dentro de una misma jornada.

Está claro, por lo tanto, que el vestuario adecuado para movernos en bicicleta no es un tema baladí.

El 75% de las calorías que gastamos en un desplazamiento se convierten en calor.

Rodando en bici, nuestra temperatura corporal se elevará más o menos, en función del esfuerzo, y para ajustarla, el cuerpo recurrirá a varios mecanismos de intercambio térmico: la conducción, la convección, irradiación y evaporación.

La conducción no tiene gran importancia en este caso, porque no estaremos en contacto directo con elementos fríos que nos ayuden: los guantes nos aislarán del manillar y otros elementos metálicos, el sillín no suele estar especialmente frío y de los pedales nos separan las suelas.

En cambio, la convección tiene un papel muy relevante: multiplica los efectos de enfriamiento al renovar constantemente el aire que nos rodea, siempre que esté más frío que nosotros, ¡claro!

Respecto a la irradiación, tan solo es viable desde las superficies de piel que tengamos expuestas al exterior, y si el entorno está más fresco.

Así que, cuando hace calor, el más importante recurso que nos queda para evitar una hipertermia es sudar y conseguir que ese líquido se evapore sobre la piel, dando lugar a un “robo térmico” que nos enfría.

En un ambiente caluroso o templado, deberemos reducir la intensidad del esfuerzo para evitar una sudoración inoportuna, pero también podemos reducir el aislamiento térmico en la parte anterior del cuerpo, expuesta al aire por nuestro desplazamiento, para facilitar la refrigeración.

En otros casos, el problema puede ser el frío.

En tal caso es la convección, o efecto del viento combinado con la baja temperatura, quien nos planteará los retos más importantes en cuanto al vestuario.

A la inversa que en el caso del calor, dado que su efecto más dramático tendrá lugar en las superficies anteriores, en el sentido del desplazamiento, serán la cara dorsal de los guantes y la anterior del tronco y piernas, así como la cara, las que más nos interesa proteger

Las prendas que llevamos puestas, las condiciones ambientales y la intensidad del esfuerzo son los tres elementos que debemos combinar para que desplazarse en

bici no altere nuestra participación en cualquier evento social, incluso si exige cierta “etiqueta”.

Frente a la lluvia tenemos los mismos recursos que cuando nos movemos a pie, pero recordando que diseños muy cerrados nos impiden evacuar el calor y provocan sudoración, con lo que, en lugar de mojarnos por el líquido exterior, lo hacemos por el interior.

Incluso las prendas impermeables dotadas de membranas para el paso del vapor de agua tienen una limitación en cuanto a la cantidad de éste que son ca-

paces de evacuar. Por lo tanto, nos ofrecen mejores prestaciones que las convencionales, pero no siempre evitan que la propia transpiración moje la ropa, por lo que hay que usar convenientemente detalles técnicos como las aperturas bajo las axilas o zonas de rejilla cubierta.

Una opción cómoda, por la ventilación que permite, suele ser la de ponchos o capelinas que pueden sujetarse en el manillar, por delante, y bajo el sillín, protegiéndonos de la lluvia.





Los guantes

Junto con el casco, forma parte del equipo básico de protección que cualquier ciclista debe llevar.

Entre sus finalidades más evidentes citaremos la de protegernos del frío, asegurar el agarre del manillar, reducir los efectos de sus vibraciones y de las abrasiones e impactos en las caídas.

Lo más habitual es utilizar guantes que dejan libres las dos últimas falanges de los dedos, permitiendo que éstos conserven toda su sensibilidad a la hora de manejar frenos y cambios.

Sin embargo, para condiciones invernales, también los hay que cubren totalmente la mano, en cuyo caso, conviene que el diseño tenga en cuenta la necesidad de una buena adherencia, en cualquier situación climatológica, para el manejo de elementos de seguridad, como las manetas de freno y los cambios.

Para conseguirlo, la cara palmar de los extremos de los dedos suele ser de tejidos especiales o incluir insertos de materiales muy adherentes.

Dado que la zona de mayor apoyo corresponde a la palma de las manos, es habitual que también esa parte incluya elementos que mejoren el agarre sobre las piezas metálicas y textiles que deben manejarse.

Precisamente por ese contacto íntimo, por tener que soportar una parte sustancial del peso corporal y por todas las vibraciones que recibirá desde el suelo, la cara palmar de los guantes para ciclistas suele incluir elementos de absorción, como capas de badana, silicona y otras sustancias de similares cualidades.

Estas protecciones suelen cubrir desde el pliegue de la muñeca hasta la raíz de los dedos, incidiendo especialmente en las eminencias tenar e hipotenar, que en caso de caída y por efecto de reacciones instintivas, soportarán buena parte del golpe contra el suelo.

Cabe recordar que, en aquellas situaciones en que es inminente la pérdida de equilibrio y control, la mano es una de nuestras partes anatómicas que mayor impacto recibe, siendo la clavícula quien suele sufrirlo en las caídas “sin defensa” instintiva.

Las gafas

Basta la llegada de cualquier minúscula partícula a los ojos para hacernos conscientes de su exquisita sensibilidad y de su fragilidad.

Por eso es lógico tomar en cuenta la necesidad de protegerlos.

Rodamos a través de un aire con partículas de diverso tamaño y naturaleza en suspensión, desde carbonilla hasta polen, con la posibilidad de que nuestras ruedas, o las de otros vehículos cercanos, acaben por lanzarnos algo, y sorteando los insectos que, por derecho propio, ocupan el entorno.

Los efectos de todo lo anterior se hacen evidentes en los parabrisas de los vehículos a motor y ponen de manifiesto lo aconsejable de proteger los ojos de semejantes riesgos.

Al margen de que precisemos ópticas para la corrección de alteraciones de la visión, andar en bicicleta hace prácticamente imprescindible el uso de gafas o pantallas de casco.

Para ello disponemos de multitud de ópticas, con o sin filtros frente a las radiaciones UV o las infrarrojas, así como tinciones para reducción de la luminosidad, ópticas intercambiables, etcétera.

Sea cual fuere nuestra elección, citaremos dos aspectos importantes: el diseño y el tipo de óptica.

En el primer apartado insistiremos en la conveniencia de utilizar formas envolventes y que se nos adapten bien a los pómulos y la nariz, que es por donde más riesgo tenemos de recibir el impacto de cuerpos extraños.

Respecto al tipo de ópticas, los materiales orgánicos han venido sustituyendo progresivamente a las lentes de cristal, ofreciendo mucha mejor tolerancia a los golpes y mayor ligereza.

Dada la potencial gravedad de las lesiones oculares, llevar gafas para andar en bicicleta es imprescindible para la seguridad ciclista.

Protecciones torácicas

En la región canadiense de Southern Alberta se realizó un trabajo (112) con las personas que habían sufrido accidentes de importancia entre el 1 de abril de 1995 y el 31 de marzo de 2009, fuera cual fuera su actividad.

De las 11.772 personas gravemente heridas, con una estancia hospitalaria superior a 6 días, un total de 258 lo habían sido durante el uso de la bicicleta.

De ellas, 209 rodando en carretera, y 49 haciendo ciclismo de montaña.

Al analizar las causas de sus accidentes, en el caso de la carretera eran las colisiones con vehículos a motor las más frecuentes, mientras los saltos fallidos, las caídas y pérdidas de control de la máquina ocasionaban la mayor parte de los accidentes con bicicleta de monte.

Estos tenían una mayor incidencia de ingresos los fines de semana (61,2% frente a 45% los de carretera), y en ambos grupos se presentaba un patrón similar de lesiones, con un 67,4 % afectando a la cabeza, 38,4 % a las extremidades, 38,4 % al tórax, 26 % a la cara y 10,1 % al abdomen.

Sí se encontraban diferencias significativas entre ambas modalidades en el caso de las lesiones de médula espi-

nal, que aparecían con mayor frecuencia practicando bicicleta de montaña que con la de carretera.

Y para demostrar la importancia de las lesiones, el trabajo en cuestión citaba que un 33,3 % de las personas accidentadas habían necesitado intervenciones quirúrgicas, como reducciones de fracturas con fijación interna (9,7 %), inmovilizaciones de la columna vertebral (7,8 %), craneotomía (7 %), reparaciones faciales (5,8 %) o laparotomía (2,7 %).

Como consecuencia del estudio, se planteaba el especial interés de utilizar protecciones para la columna vertebral y el tórax en general, en caso de rodar en bicicleta de montaña y con finalidad lúdica.

Los guardabarros

Cuando circulamos sobre terreno mojado, además del riesgo que supone la merma de adherencia de los neumáticos, nos exponemos al de mojarnos por el agua que proyectan durante su giro.

Es habitual que la rueda anterior nos moje la cara, parte superior del tórax y los pies, mientras la posterior nos manchará la espalda.

Además de las connotaciones que para la salud tiene ese humedecimiento, hay que considerar el riesgo de que la suciedad recogida por las ruedas en el suelo, y que incluye partículas sólidas, acabe llegando a estructuras corporales tan delicadas como los ojos.

Dotar a la bicicleta de guardabarros delantero y trasero supone por lo tanto una mejora de la seguridad y de la salud.

Particularidades de la bicicleta para la población más joven

Uno de los regalos que recordaremos durante toda la vida es el de la primera bicicleta.

Aprovechar la ilusión que genera para intentar imbuir hábitos de transporte sostenible a quien la recibe es una opción muy interesante.

Pero la realidad es que, a la hora de la compra, no siempre pensamos en el buen rendimiento, la eficiencia, la

comodidad y la prevención de lesiones (113) como criterios de elección.

Con la disculpa de “que le dure”, “crece muy rápido”, “no merece la pena gastar mucho a esta edad”, salimos del comercio con una máquina, por lo general, demasiado grande, pesada y de componentes de escasa calidad, para abaratar, argumentando en que es algo para poco tiempo.

Seguramente no hemos pensado en que una persona adulta, de unos 70 kg, cuando está manejando una bici de 20 kilos tiene que mover 286 gr de máquina por cada kilo propio, pero si trasladamos ese cálculo a una niña o niño de 30 kilos de peso, que monta una bici de 15 kg, resulta que debe controlar 500 gr por cada kilo propio. ¡Casi el doble!

Las implicaciones que esto tiene en el rendimiento, la comodidad o la seguridad son evidentes.

Otro aspecto que puede pasarnos desapercibido en la adquisición es el de la diferencia de fuerza precisa para manejar algunos componentes, relacionada con su calidad y, habitualmente, con su coste.

Cambiar la relación de desarrollo con una palanca dura o hacerlo con un cambio eléctrico supone ventajas, pero no tan importantes como las que podemos encontrar a la hora de parar la bici con buenos o malos frenos.

En este caso se trata de la seguridad de jóvenes ciclistas, y debemos tenerlo en cuenta a la hora de elegir la compra idónea.

Para esa gestión tenemos buenas alternativas gracias a las numerosas posibilidades de ajuste que la bicicleta ofrece.

Podemos adquirir un cuadro de talla tal que permita, en su altura mínima de tija de sillín y de manillar, un acceso cómodo para la criatura a que está destinado.

A medida que crezca, la elevación del citado sillín, su retraso y el alargamiento de la potencia de manillar, junto con su regulación, si fuera precisa, nos permitirán adaptar la bici a los cambios de talla, y como la capacidad de regulación de esas piezas es bastante amplia, podremos hacer que la máquina siga siendo adecuada durante varios años.

Lo que también recomendamos es que los primeros componentes de la bicicleta original sean de calidad; adecuados para la persona que los utilizará.

El coste superior puede ser asumido si pensamos que los podemos seguir utilizando durante bastante tiempo, mientras las medidas de la bici se puedan adaptar a la persona, y que, si merecen la pena, podremos volver a montarlos en futuros cuadros de mayor tamaño.

Otra opción para personas menos habituadas al bricolaje es adquirir modelos que ya han previsto ese crecimiento rápido de la infancia y nos ofrecen ajustes mucho más sencillos que los anteriormente descritos.

Y como en esas cortas edades suele ser cuando tiene lugar el proceso de aprendizaje, es preciso poner una atención exquisita en detalles de seguridad, como el acabado de los extremos del manillar, el de las manetas de freno, el extremo superior de la horquilla y todos aquellos elementos con los que pueda impactar el cuerpo en caso de caída.

Tal como describimos en el capítulo correspondiente, esas piezas están involucradas en algunas de las lesiones más importantes producidas por la bicicleta.



EN SÍNTESIS

- **La eficacia del casco en la protección frente a lesiones en la cabeza está bien comprobada**, pero resulta menos útil o escasa frente a las de cara y cuello.
- **Los que cuentan con carcasa dura consiguen mejores resultados de protección que los de espumas poliméricas** sin esa capa exterior algo más rígida.
- **Los colectivos que más utilizan casco son personas con bici propia, mujeres y jóvenes**, bajando el uso en hombres jóvenes y personas con bici de alquiler. Pero hay diferencias entre países y estudios.
- **Los argumentos esgrimidos para no utilizar este elemento de protección son su incomodidad, agobio y reducción de la ventilación.**
- **Serían precisas campañas para concienciar sobre la protección que brinda el casco y la importancia de utilizarlo.** Especialmente dirigidas a la población más joven.
- **La eficacia del casco requiere que su tamaño, ajuste de correas y estabilidad sean correctos.**
- **La energía térmica generada al rodar en bici, las condiciones ambientales, la seguridad vial y las normas sociales hacen que elegir vestuario para moverse en bicicleta no sea un tema sencillo.**
- **Los guantes nos protegen del frío, las vibraciones y posibles abrasiones en caso de caída**, además de proporcionar mejor agarre y seguridad.
- **El uso de gafas rodando en bicicleta es absolutamente recomendable** para proteger de impactos la delicada estructura de los ojos.
- **Cerca del 40 % de las lesiones por accidente practicando bicicleta de montaña con finalidad lúdica afectan a la región torácica**, incluyendo la columna vertebral, por lo que el uso de protecciones específicas durante esa actividad sería recomendable.
- **El uso de guardabarros estaría justificado por motivos de salud y seguridad.**
- **En el caso de personas muy jóvenes, o de reducido peso y fuerza, debe comprobarse que son capaces de manejar la bicicleta y accionar con solvencia los frenos y cambios.** Su rápido crecimiento no justificaría, por abaratar costes, el empleo de materiales que pongan en riesgo su seguridad.

FÍSICA Y BIOMECÁNICA DE LA BICICLETA







¿Cuánto cuesta andar en bicicleta?

Que una bicicleta se mueva es el resultado de complejas relaciones entre el terreno, el entorno y variables mecánicas que incluyen la geometría de su diseño y la fisiología de la persona que la tripula (114).

El gasto de energía preciso depende, sobre todo, de la resistencia del aire y de las resistencias de rozamiento y rodadura de la máquina.

Las investigaciones que relacionan la velocidad de la bicicleta y la energía que gasta quien la mueve, expresada en forma de consumo de oxígeno, muestran que al emparejar ambas aparece una forma de curva en la que el coste de energía aumenta en relación al cuadrado de la velocidad desde 0,88 l/min de oxígeno, a 12,5 km/h, hasta 5,12 l/min de ese gas rodando a 41 km/h, con un peso medio de las personas testadas de 72,9 kg (115).

Si analizamos las formas sostenibles de desplazarse por una ciudad o su periferia, podemos encontrar varias alternativas.

Andar, pedalear en bicicleta o patinar pueden ser las tres más evidentes y frecuentes, a las que se une ahora el uso del patín con apoyo eléctrico, que dejaremos al margen.

El estudio de esas otras alternativas desde un punto de vista de gasto energético parece ciertamente oportuno a la hora de disponer de criterios para una elección razonada.

Considerando una persona de 70 kg de peso, desplazarse a pie, por aceras sin pendiente y a una velocidad de 4 km/h, supone un gasto de unas 210 calorías cada hora de actividad. Y si utilizamos un ritmo más vivo, de unos 6 km/h, llegamos a consumir unas 270 calorías en ese mismo tiempo.

A partir de esos datos, vemos que recorrer un kilómetro andando, a un ritmo medio de 4 km/h nos supone un gasto de unas 52 Kcal, y tardaremos 15 minutos en hacerlo.

Con menos frecuencia, pero en algunos casos también podemos ver a personas utilizando medios de deslizamiento, como patines o patinetes convencionales, para desplazarse por entornos urbanos.

Moverse con estos elementos a un ritmo medio, adecuado a la necesidad de compartir espacios con peatones y tráfico de vehículos, puede suponer un gasto energético aproximado de unas 490 Kcal para recorrer 14 km en una hora.

Considerando esa aproximación, tardaríamos algo más de 4 minutos en recorrer el kilómetro de referencia de este ejemplo, y gastaríamos en hacerlo 35 Kcal.

Sin embargo, ese mismo desplazamiento, en bicicleta y a una moderada velocidad de 16 km/h, tan solo nos hará consumir unas 22 Kcal.

Como se aprecia, además de gastar menos de la mitad de energía que andando, en lugar de tardar 15 minutos en llegar a nuestro destino, ¡tardaremos menos de 4!

Y esto es lo que ocurre cuando nos movemos en terreno llano, pero, ¿qué ocurre cuando el camino asciende?

¿Y si es por una pendiente en ascenso?

Diversos estudios muestran que hasta una pendiente del 13-15% es más ventajoso pedalear que andar, pero a partir de ese límite, andar es más económico que ascender en bicicleta.

Sin embargo, si a quien anda le hacemos empujar el peso de la bicicleta, el momento en que conviene andar a pie en lugar de subir pedaleando es a partir de un 20% de pendiente (116).

¿Cuánto cuesta rodar con carga?

Por otra parte, es de tener en cuenta que portear cargas es un supuesto frecuente en el uso de la bicicleta como medio de desplazamiento activo y sostenible.

Utensilios propios del trabajo cotidiano, la compra, o incluso una criatura o nuestra mascota pueden formar parte del equipaje.

¿De qué forma influirá su peso en el gasto energético de rodar en bicicleta?

Si a una persona, andando a pie, le cargamos un peso en la espalda, tal como ocurriría llevándolo en una mochila, en lo que constituye una de las formas más eficaces de porteo de cargas (117), gastará $2,55 \pm 0,25$ vatios más por cada kilo añadido.

En caso de que esa persona, en lugar de andando se desplazara en bicicleta, el mismo incremento de 1 kilogramo puesto en su espalda supondrá un aumento del gasto de energía de tan sólo $1,12 \pm 0,64$ vatios (118), es decir: menos de la mitad que a pie.

Las diferencias existentes en cuanto al estado de energía de la carga entre un movimiento con elevaciones y descensos constantes de su centro de masa, lo que supone cambios de energía potencial a cada paso, y un movimiento lineal, sobre la bicicleta, explican esa manifiesta diferencia de coste energético, tan favorable a la bici.



¿Cómo influye el peso de la bicicleta?

Uno de los aspectos que ocupan nuestra atención a la hora de adquirir una bicicleta es su peso. Incluso cuando no perseguimos una finalidad competitiva.

Cierto es que moverla a mano, subirla a casa o a la baka de un coche son momentos en que se hace más patente la importancia del peso, pero... ¿ocurre lo mismo mientras nos desplazamos en ella de un lugar a otro?

Un estudio de Berry y colaboradores (119) analizaba ese, entre otros aspectos.

Utilizando una misma bicicleta, que mediante lastres llegaba a pesar 11,6, 12,6 o 13,6 kg, y rodando sobre una cinta a 9,7, 13 y 16,2 km/hora, con pendientes de 0, 2,5 y 5%, el análisis del consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca y la percepción de esfuerzo no mostraron ninguna influencia del peso de la máquina.

Cierto es que la masa de la bici supone una parte reducida (aproximadamente un 18%) respecto a la masa corporal de las personas del estudio, que era de $71,7 \pm 7,5$ kg, y que los dos kilos de incremento de peso tan solo eran el 2,79% del total, por lo que su aporte relativo a la masa total en movimiento resultaba muy reducido.

Otro análisis del tema estudió el tiempo requerido por una misma persona para recorrer, numerosas veces y de forma aleatoria en cuanto a la máquina a utilizar, un mismo itinerario de 43,5 km con dos bicicletas diferentes: una de cuadro de carbono, con un peso de 9,5 kg, y otra de acero, de 13,5 kg (120).

Es preciso añadir que la ruta seguida era bastante llana, con apenas 120 m de desnivel.

Tras circular casi 2500 km repitiendo el recorrido, la diferencia promedio entre ambas bicicletas fue de tan sólo 32 segundos, dejando claro que no compensaba el cambio de cuadro.

Pero, ¿qué ocurre cuando entra en juego la pendiente y, por lo tanto, la fuerza de gravedad?

Entonces el peso adquiere mayor influencia en el rendimiento, aun cuando resulta ser tan pequeña la diferencia que, excepto que se trate de una competición, difícilmente justifica un cambio de bici (121).

Por ejemplo, en una pendiente del 8,8% de promedio, aligerar en un kilogramo la máquina mejora el tiempo de ascenso en unos 3-4 segundos cada kilómetro.

En cambio, con pendientes menores, de un 4%, esa merma de peso apenas reduce en 2 segundos cada kilómetro de ascenso.

Por otra parte, el pequeño tamaño de la muestra de los dos estudios citados arroja demasiadas dudas como para poder afirmar que, de verdad, cambios en la masa de la bicicleta no influyen más en el coste energético de los desplazamientos. Al menos, si el trazado seguido presenta desniveles acusados.





¿Qué ocurre con la masa total de la bicicleta y de quien la maneja?

Recordamos que la mayor parte de la energía que se gasta al andar en bici se dedica a vencer la resistencia del aire, cuando rodamos sobre terreno llano, o a luchar contra la gravedad, cuando la ruta asciende.

Mediciones realizadas en el túnel de viento demuestran que la resistencia del aire crece en una proporción de 1 a 3 respecto a la masa corporal (122).

Eso quiere decir que personas de talla grande solo tienen algo más resistencia frente al aire que aquellas más pequeñas.

Si relacionamos la resistencia al avance respecto a la masa corporal, veremos que, en proporción, es considerablemente mayor en personas pequeñas por lo que, en terreno llano y a igualdad de capacidad física relativa (consumo máximo de oxígeno por cada kilogramo) las personas grandes tendrán ventaja para rodar respecto a las menores.

Cuando el terreo se empina, en cambio, crece la importancia de la masa en movimiento.

En cuanto a la de la bicicleta, su importancia respecto a la masa total es menor en personas de gran tamaño que en las pequeñas, como es evidente. Pero el con-

junto perjudica más a las corpulentas, por lo que en terreno ascendente cambian las tornas y la ventaja, con iguales facultades, se vuelve del lado de quienes tienen un cuerpo más reducido o enjuto, tal como la experiencia en competición nos muestra, a condición de que el ascenso sea suficientemente largo y pendiente.

Un cálculo del tiempo requerido para ascender un kilómetro con diversas pendientes y en función del peso, manteniendo un trabajo regular de 250 vatios, nos ofrece los siguientes resultados (121):

PENDIENTE	65 Kg	75 Kg	85 Kg	95 Kg
4%	2'35"	2'48"	3'	3'14"
6%	3'13"	3'34"	3'56"	4'19"
8%	3'56"	4'26"	4'57"	5'29"
10%	4'43"	5'22"	6'01"	6'41"

Como se aprecia, a medida que la pendiente a superar aumenta, lo hace también la importancia del peso.

En una cuesta del 4%, 10 kilos más de peso en el conjunto ciclista-bicicleta hacen que tardemos un 7% más tiempo en recorrer un kilómetro.

Sin embargo, a un 10% de pendiente las cosas son más exigentes y esos 10 kilos de sobrepeso provocan un retraso de un 12% aproximadamente en cubrir la citada distancia.



Consideraciones para un ajuste personalizado de las dimensiones de la bicicleta

Las bicicletas son ajustables, y las personas, adaptables.

Y la importancia de tenerlo en cuenta es una evidencia que se pone de manifiesto en gestos comunes, como cuando queremos bajarnos de la bici y su barra horizontal es muy alta, en la comodidad percibida cuando vamos bien, en la aparición de sobrecargas cuando no es así, o en el rendimiento, cuando es el objetivo principal.

Un estudio sobre las cualidades que aportan confort al uso de la bicicleta, incluyendo en la consulta las piezas que la componen, el terreno sobre el que se mueve, las condiciones meteorológicas y la postura de uso, arrojó como resultado que el factor más importante era éste último: el correcto ajuste de la posición (123).

En la actualidad son numerosas las opciones que nos permiten optimizar el material ciclista para cada persona usuaria.

Una sencilla búsqueda en internet sobre el ajuste biomecánico de la bicicleta arroja miles de entradas.

Las posibilidades van desde la adaptación “a visu”, basada en la experiencia personal de quien la hace, hasta los modelos de análisis en 3D.

En ese amplio abanico hay métodos básicos, como los de situarse en pie junto a la bicicleta y mirar si el sillín queda a cierta altura de la cadera, “calculadoras” que, a partir de una medida personal, ofrecen aproximaciones a las medidas que debe tener la bicicleta en sus diferentes ajustes (124), o también mediciones realizadas a base de goniómetros manuales, plomada, metro y nivel, que han sido empleadas con cierta fiabilidad cuando se carecía de mejores opciones.

Sin embargo, diversas limitaciones de esos métodos, como desestimar la técnica de dar pedales, o como la necesidad, en el último caso, de hacer paradas para medir ángulos, simulando la postura de pedaleo, pueden introducir distorsiones involuntarias en el resultado final.

Para evitarlas disponemos de sistemas con grabación de imágenes, en los que una o varias cámaras, situadas de forma que capten uno, dos o los tres planos del espacio, se ubican en torno a la persona y su bicicleta.

Suele ser de ayuda marcar determinados puntos anatómicos mediante pegatinas reflectantes o de color llamativo.

Y, tras el adiestramiento preciso, se van tomando clips de video en los que se procede a la medición de ángulos de trabajo.

Las numerosas partes móviles de la bicicleta se utilizan, a continuación, para generar cambios en la postura, que se analizan en nuevas grabaciones de video.

Este proceso se repite cuantas veces sea preciso para lograr la mejor adaptación posible de la máquina a las características y necesidades de quien la maneja.

Personalizadas las posiciones idóneas para cada pieza móvil de la bicicleta, no siempre somos partidarios de aplicarlas inmediatamente.

En personas con mucho tiempo de uso de su bicicleta es preciso tener en cuenta que los cambios bruscos, incluso a mejor, no siempre son bien tolerados por el organismo.

Incluso en el caso de personas muy jóvenes, puesto que su maleabilidad en esas etapas del desarrollo no está exenta de fragilidad.

Nuestra recomendación entonces consiste en marcar las medidas deseables, ver las diferencias con las utilizadas previamente y, teniendo en cuenta no forzar las adaptaciones, establecer un ritmo de cambio progresivo, en función del tiempo transcurrido con las medidas anteriores, de la magnitud de los cambios, de la frecuencia de uso de la bicicleta, y de las características de la persona que la usa.

Y es que hay una consideración previa que condiciona todo el proceso de ajuste: la bicicleta debe ser considerada como un “traje a medida”; no “prêt à porter”.

Cada ciclista tiene unas particularidades anatómicas y fisiológicas, así como patológicas, que hay que tomar en cuenta durante los ajustes biomecánicos.

La posición idónea bajo criterios de estricto rendimiento, por ejemplo, puede no ser tolerable para muchas personas.

Y está claro que en un uso de movilidad sostenible, o recreativo, la integridad y la comodidad de quien pedalea son fundamentales, y deben ser priorizadas frente al rendimiento.

Un análisis de la configuración de bicicleta preferida por 120 personas voluntarias y no competidoras demostró que la postura cómoda era muy subjetiva y no siempre estaba relacionada con proporciones físicas establecidas, aunque éstas debían ser tomadas en cuenta para el primer ajuste de posición, a partir del cual se personalizaba la máquina (125).

Ya durante la venta de una bici se presenta la necesidad comercial de escoger la más adecuada para cada cliente y realizar siquiera una primera adaptación que haga satisfactoria la compra y el posterior uso.

Respecto a los métodos para lograrlo, que ya hemos descrito antes de forma superficial, nos parecen más aconsejables los sistemas de ergonomía interactivos, en los que la persona cuya máquina se está ajustando aporta sus preferencias a los datos puramente mecánicos (126).

Y con esos criterios combinados, podremos actuar sobre el cuadro, el sillín, el manillar, la horquilla, las suspensiones, las llantas, los radios y los neumáticos, como elementos fundamentales.

El objetivo general será conseguir armonizar el rendimiento y la comodidad con una buena elección de componentes y su adecuado ajuste (127).

Cómo personalizar las medidas de la bicicleta

Conocidas las ventajas de rodar sobre un vehículo con las medidas adecuadas, en el ciclismo se extiende el concepto denominado “fitting object to the human body”.

En nuestra opinión, basar los ajustes en referencias estáticas, como llegar con ambos pies al suelo desde el sillín, hacerlo de puntillas, o ubicar el sillín a determinado nivel del cuerpo de quien va a montar, no sirve más que como una aproximación a la situación deseable.

Dos personas idénticas desde el punto de vista dimensional precisarán ajustes distintos de altura de sillín, por ejemplo, si una de ellas pedalea con la articulación del tobillo en extensión, como de puntillas, y la otra lo hace con una flexión dorsal, ubicando la planta del pie en horizontal respecto al suelo.

Esa técnica diferente de pedaleo hace que los ajustes necesarios para que la cadera, rodilla y tobillo trabajen en sus rangos más adecuados deban ser distintos para esas dos personas, a pesar de tener el mismo tamaño.

Por ello, recomendaremos los procedimientos sencillos citados tan sólo en situaciones que obliguen a la improvisación, como al utilizar una bicicleta de alquiler.

A la luz de los conocimientos actuales y de los recursos tecnológicos disponibles, ¿qué cosas podemos ajustar en una bicicleta?

Aparentemente sencilla, las regulaciones que permite la bicicleta son tan amplias como desconocidas por el público no experto.

Podemos variar el diámetro de las ruedas, el neumático de que van dotadas, su dibujo, presión, anchura, el número y disposición de los radios de las llantas, así como el material con el que están fabricadas aquellas y éstos, el lanzado de la horquilla, la disponibilidad o no de suspensiones, la anchura, altura, y forrado del manillar, la posición de los escaladores o manetas de freno, su inclinación en el plano lateral, la altura respecto al suelo, la longitud de la potencia e inclinación de la misma...

¡Y eso tan solo si nos fijamos en la parte delantera de este vehículo!

En estas mediciones ha sido habitual centrar la atención en al menos tres puntos clave: el manillar, el sillín y el eje pedalier o centro de rotación de las bielas y sus correspondientes platos y pedales (195).

Pero además, en el ajuste debe considerarse también la existencia de diferentes objetivos: comodidad, salud, y rendimiento suelen ser los más habituales.

Y como en tantas áreas, veremos que hay más de una opinión sobre lo más adecuado para cada situación.

A) CRITERIOS PARA EL AJUSTE DEL SILLÍN

Algo evidente, pero que no siempre se cumple, es que el eje longitudinal del sillín debe coincidir con el de la bicicleta.

De lo contrario, si está torcido, uno de los muslos rozará con su extremo anterior y los isquion no se apoyarán en puntos simétricos del sillín, pudiendo estar a diferente cota.

Además, es habitual que el plano superior del sillín esté horizontal, si bien hay personas que pueden estar más cómodas si hacemos que la punta esté ligeramente más baja que la zona posterior, facilitando la inclinación anterior de la pelvis y de la columna vertebral hacia el manillar.

Tal es el caso cuando el manillar está sustancialmente más bajo que el sillín y ya no podemos elevarlo más, a pesar de jugar con las anillas de extensión de la tija de la horquilla, inversiones de la potencia o potencias de geometría variable.

Pero uno de los aspectos más evidentes de un ajuste del sillín es la altura, precisando que para fijarla hay varias técnicas.

Desde métodos empíricos, como situarlo a nivel con el trocánter, de la cresta ilíaca o multiplicar por 0,85 la altura del periné, sea cual sea nuestra técnica de pedaleo, hasta otros, más precisos, basados en los ángulos de trabajo de las articulaciones implicadas.

Curiosamente, un estudio descubría que incrementando un 5% la altura de sillín preferida de ciclistas y un 7% la de triatletas de un grupo analizado, se apreciaba una mejora de su eficacia energética (128), poniendo de manifiesto la importancia de estos ajustes.



Utilizando otro método que propone como altura idónea del sillín el 109% de la altura del periné, en un grupo de 10 personas se apreciaba que al reducir aquella en tan sólo 2 cm empeoraba el rendimiento máximo durante esfuerzos breves. La causa sería que los ángulos de trabajo del bíceps femoral, recto y vasto medial eran menos favorables para realizar ese tipo de trabajo (129).

Al comparar los ajustes basados en la altura de entrepierna con los de medición en dos planos de los ángulos de trabajo se apreciaba que, en el primer caso, el 56,5% de las personas no utilizaba la posición adecuada, mientras que eso tan sólo ocurría en el 26% de los calculados con 2D (130).

En estos casos en que el método contempla el análisis del funcionamiento articular, uno de los procedimientos más aceptados busca la consecución de un ángulo de flexión de la rodilla de entre 150° y 155° en el punto de máxima extensión (131).

Según el estudio anterior, cambios de apenas un 5% en la altura del sillín modifican en un 35% la cinemática de la rodilla y en un 16% el momento de fuerza. Además, la compresión de la cara posterior de la rótula contra el fémur es inversamente proporcional a dicha altura, lo que tiene importantes implicaciones en la salud.

Sin embargo, respecto a las cargas de compresión y cizallamiento de la rodilla, una investigación sobre 9 personas sanas, realizando esfuerzos suaves de rehabilitación, analizaba la fuerza transversal o de cizallamiento tibio-femoral y la de compresión patelo-femoral en tres posiciones de altura del sillín: el 100% de la altura del trocánter, utilizada como referencia, el 97% y el 103%, y no encontraba diferencias significativas entre estas dos y la medida central, deduciendo que pequeñas modificaciones de la altura del sillín, en esfuerzos de baja intensidad, apenas cambian las cargas de la rodilla (57).

Otro estudio reciente medía la influencia que la falta de elasticidad isquiotibial pudiera tener en el ángulo idóneo de trabajo de la rodilla y, por consiguiente, en la altura más adecuada del sillín (132).

32 hombres y mujeres habituados a la práctica del ciclismo tomaban parte en la investigación, y se apreciaba que los años de práctica deportiva, el volumen de entrenamiento y los años de competición influyen en la altura escogida de sillín y en el ángulo de flexión de la rodilla al pedalear, ubicado espontáneamente entre los 145° y los 155°.

No influía en la decisión inicial, en cambio, la capacidad previa o posterior de extensión de la rodilla.

Para aclarar el tema de la altura idónea del sillín, en junio de 2011 se publicó una muy extensa revisión de los



estudios científicos recopilados sobre ese fundamental detalle (133).

Incluyendo métodos de ajuste en relación con la altura del trocánter, de la tuberosidad isquiática, el propuesto por LeMond, el de apoyo del talón en el pedal o los de ángulos de trabajo, los autores concluían que éste último protocolo es el que mejor rendimiento y menor riesgo de generar lesiones ofrece, proponiendo trabajar entre 150° y 155°.

También afirmaban que cambios de un 5% en la altura del sillín afectaban a la cinemática y esfuerzos de la rodilla, pero que modificaciones inferiores al 4% de la altura, en función de la del trocánter, apenas tienen influencia en la salud o el rendimiento.

Sin embargo, acertar en la correcta posición de la altura del sillín supone mejoras en la carga máxima de trabajo, incluso en el caso de ciclistas con experiencia (134).

Un estudio con tan solo 6 de ellos mostraba cambios a mejor en ciertas intensidades de trabajo, pero, de nuevo el pequeño tamaño del grupo, no servía para conferir significación estadística a todos los rangos de la prueba.

En conjunto, el ajuste biomecánico permitía una mejora del 2,74% en el rendimiento de ese reducido colectivo. Y encontramos resultados similares en más investigaciones (135).

Además de la altura del sillín, también la inclinación del tubo del cuadro en que se inserta influye en la salud y el rendimiento.

Comparando diseños de cuadro con ese tubo a 68°, 74° y 80°, un estudio refiere mejor rendimiento energético utilizando esta última geometría, y en tres diferentes alturas de sillín (136).

El motivo es que a diferentes ángulos del tubo del sillín corresponden distintas participaciones musculares, encontrando mejoras de rendimiento entre los 80° y 90°, y dejando para la rehabilitación o entrenamientos dirigidos a músculos específicos los ángulos superiores a 90° (137).

En nuestra experiencia, para itinerarios fundamentalmente llanos procuramos ajustar la altura de sillín de forma que la rodilla trabaje con un ángulo de aproximadamente 150° en su punto de extensión máxima, mientras que para recorridos con muchos ascensos preferimos abrir algo más la rodilla, sin superar los 155°.

Un detalle importante es que todas las mediciones citadas deben realizarse utilizando los pedales que llevará la bici, puesto que los cambios de éstos les afectan sustancialmente.

Y, por igual motivo, conviene que el calzado y el pantalón o culotte sean similares, si no iguales, a los que esperamos emplear.

Pero la altura no es el único parámetro ajustable del sillín.

Otra de las medidas que tiene trascendencia en la salud y en el rendimiento al andar en bicicleta es la distancia que separa ese asiento y el manillar, tanto en sentido longitudinal como en cuanto a su altura relativa.

Una bicicleta excesivamente corta para el cuerpo de quien la tripula obliga a una curvatura forzada, en flexión, de la columna lumbar y dorsal.

En cambio, un cuadro largo suele afectar a la lordosis fisiológica lumbar y a su articulación lumbo-sacra, alterando también la distribución de pesos entre ambos ejes y sobrecargando el trabajo de los brazos y hombros.

Determinada la altura del sillín, es preciso escoger para él una posición en el eje longitudinal de la bicicleta, partiendo de la base de que su desplazamiento modificará el ángulo de trabajo de las rodillas.

Si lo llevamos hacia delante de la posición en que estaba, el ángulo se hará más cerrado, mientras que si lo atrasamos, al alejarnos del eje pedalier, el ángulo se hará más abierto; mayor.

Una opción, entre las varias disponibles, consiste en regular el desplazamiento longitudinal del sillín de tal forma que la línea vertical que pase por la cara anterior de la rótula, con la biela de ese mismo lado en posición horizontal y adelantada, coincida con el eje del pedal, existiendo pequeñas variaciones de ese ajuste (26), que se realiza sencillamente con una plomada.

Esos desplazamientos pueden hacer precisos ligeros cambios en la altura del sillín, para recuperar el ángulo adecuado que habíamos ajustado previamente.

De esa forma, fijada la relación entre los apoyos de ambos pies en los pedales y el del periné en el sillín, analizaremos la posición relativa del manillar respecto al asiento.

B) CRITERIOS PARA EL AJUSTE DEL MANILLAR

A la hora de adquirirlo, podemos escoger entre diversos tipos de manillar, según cuál sea el uso predominante que esperamos dar a la bicicleta y nuestras preferencias.

Respecto a la anchura, habitualmente se ha venido utilizando como referencia la distancia entre los hombros de quien lo va a utilizar, aun cuando hay diferentes criterios para modificar ese dato, como el tipo de terreno y actividad a realizar y, de nuevo, las preferencias personales.

Un manillar estrecho aporta un comportamiento más rápido, pero impreciso, de la dirección, y cierta limitación para realizar inspiraciones profundas, al bloquear la amplitud de los movimientos torácicos.

También mejora la aerodinámica, aun cuando no sea el factor primordial de un uso utilitario de la bicicleta.

En cambio, un manillar en exceso amplio nos frena, porque “embolsa” más aire al desplazarnos, pero facilita la respiración profunda torácica y aporta precisión al conducir, si bien la dirección se vuelve más lenta y, por su anchura, aumenta el riesgo de colisión con personas, otras bicicletas o vehículos.

Otra medida que debemos ajustar es la diferencia de cotas o altura relativa entre el sillín y el manillar.

En bicicletas para la competición, en las que todo se sacrifica al rendimiento, es habitual encontrar manillares situados unos 12 ó 14 centímetros más bajos que el sillín, obligando a una postura muy tumbada que reduce la superficie frontal al viento y las hace más aerodinámicas.

Sin embargo, en otros casos, podemos ver ajustes en que ambas piezas están a similar altura o el manillar más elevado, lo que permite posiciones de conducción más erectas, con una mejor visión del entorno y control del tráfico cercano.

Esos cambios provocan diferencias importantes en la distribución del peso entre las manos y el sillín, a la par que modifica las cargas soportadas por la columna vertebral en sus regiones lumbar y cervical.

El tipo de uso a que se destina la bici, así como la tolerancia personal, serán los criterios para escoger a qué altura posicionar el manillar que hemos escogido.

En cuanto a la distancia de ajuste en el plano sagital o longitudinal entre el sillín y el manillar, tiene también



una gran influencia sobre la distribución de pesos y sobre la posición de la columna vertebral en su conjunto.

Habitualmente se han propuesto ajustes basados en la longitud del antebrazo, con la mano extendida o parcialmente cerrada, así como otras opciones basadas en proporciones anatómicas.

Pero al igual que en otros ajustes, no consideran el cuerpo en su conjunto, ni su forma de trabajar, por lo que pueden servirnos tan sólo como aproximación a la situación deseable.

En el caso de las propuestas que sugieren colocar la vertical del codo apoyada en la punta del sillín y, con el puño parcialmente cerrado, llegar a tocar la tija de la horquilla con la primera falange de la mano encontramos un error fundamental: no se tiene en consideración qué longitud de potencia utilizaremos.

Por eso, si nos vemos obligados a emplear alguno de estos métodos básicos, nos parece más adecuado el que propone situar el manillar unos dos o tres centímetros por delante del extremo del dedo corazón, manteniendo la vertical del codo apoyada en la punta del sillín y la mano extendida.

Nosotros preferimos ver desde un punto de vista lateral la forma en que la columna se adapta a la distancia y diferencia de cotas entre el sillín y el manillar.

En función de las sensaciones percibidas y del tipo de uso, podremos modificar la posición actuando sobre la altura de la tija, sobre la longitud de la potencia del manillar, sobre su ángulo y posición y sobre la rotación del propio manillar respecto a la sujeción de la potencia.

Este último gesto suele ser útil para ajustar el reparto de cargas entre los apoyos de las manos y el del periné, especialmente con ciertos tipos de manillar multiposición.

En su caso, las manetas de los frenos también deberán ser movidas, deslizándose a lo largo del manillar o rotando sobre él, para conseguir un accionamiento cómodo y evitar posiciones de flexo-extensión de muñeca poco ergonómicas.

Y según cómo sean los cambios de la bici, también sus controles deberán ser objeto de esos movimientos.

C) CRITERIOS PARA EL AJUSTE DEL APOYO SOBRE LOS PEDALES

Al igual que nos ocurre con el manillar, del que disponemos múltiples modelos, con los pedales debemos escoger, de entre una gran variedad, el que mejor se adapte a nuestro gusto y necesidades.

Dándole un uso primordialmente utilitario, hay opciones que pueden ser descartadas. Como ocurre con aquellas que obligan a un calzado exclusivo para practicar ciclismo, no siempre apto para caminar a pie.

Entre las opciones más versátiles tenemos el uso de los pedales comunes, sin ningún tipo de sujeción.

De entre ellos, los que presentan superficies de goma o similar, de buena adherencia, pueden servirnos incluso con calzado cuya suela sea “de material”, lisa y un tanto dura.

Otros modelos de pedales sencillos disponen de resaltes metálicos dentados en sus dos caras de apoyo, lo que les confiere un buen agarre sobre casi todos los tipos de suela de calzado, a poca goma que tengan.

Con estos modelos, el apoyo espontáneo suele tener lugar en la zona del arco plantar del pie; hacia la mitad de su longitud.

Sin embargo, sería deseable pisar sobre el pedal de tal forma que su eje coincida con la cabeza del primer hueso metatarsiano.

De esa manera, podemos aprovechar mejor el esfuerzo de los músculos gemelos y del sóleo, cuya labor pierde eficacia a medida que el apoyo se atrasa hacia el talón.

Para conseguir mantener esa posición sin necesidad de una atención constante, podemos complementar el pedal con punteras de diversas medidas y materiales.

Instaladas sobre él, dan cobijo, apoyo y cierta sujeción a la puntera de prácticamente cualquier calzado que queramos emplear, evitando “escapadas”, que suelen generar dolorosas contusiones, y manteniendo el apoyo en zonas de buena eficacia mecánica.

Otra alternativa, también muy versátil, es la de utilizar pedales con rastrales, a la vieja usanza, lo que supondría añadir una correa de sujeción a punteras similares a las antes citadas, de modo que el pie, además de mantenerse fijo en el plano sagital, lo estará también en el transversal.

Si el uso de la bicicleta va a ser muy frecuente a lo largo de la jornada, podemos valorar el empleo de pedales con fijación automática.

Nacieron de la mano de las fijaciones empleadas en esquí alpino, adaptándose progresivamente a las especificidades de la bicicleta.

Pero no nos sirve cualquier modelo de calzado, puesto que el pedal, para engancharse, precisa de una placa metálica sólidamente unida a la suela del calzado y difícilmente compatible con un caminar normal y seguro.

Para solventar el inconveniente, en el mercado encontramos calzado deportivo que lleva esa pieza de encaje encastrada en la suela, de forma que, cuando dejamos la bici, la placa no sobresale de la suela, de materiales convencionales y de correcta adherencia, impidiendo que resbalemos.

Sin embargo, en ese caso hablamos de calzados exclusivamente acordes con un vestir deportivo, lo que dejaría al margen a buena parte de las personas potencialmente usuarias de la bicicleta como recurso de desplazamiento activo y sostenible.





En cualquiera de los casos descritos, la propuesta de hacer coincidir el eje del pedal con la zona plantar correspondiente a la cabeza del primer metatarsiano seguirá siendo la recomendable.

D) LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DURANTE EL PEDALEO

Con unas medidas determinadas y fijas en la máquina, quien la tripula puede modificar parcialmente los ángulos de trabajo de sus articulaciones y la participación de diferentes grupos musculares mediante ciertos desplazamientos, habituales por otra parte en el ciclismo, como apoyando el periné en la punta del sillín, cuando se trata de rodar en llano, o desplazándose hasta su ancha parte posterior, cuando la pendiente se hace fuerte (193).

También es frecuente, entre quienes usan manillares que permiten más de una posición de agarre, cambiar el lugar de prensión de los mismos pasando, por ejemplo, de la posición baja de los semimanillares a la alta de los escaladores o manetas de freno.

Esos cambios sobre la bicicleta influyen de forma clara en el rendimiento, aun cuando encontramos resultados contradictorios entre ciertos estudios.

En uno de ellos, con tan solo 6 personas a las que se pidió que realizaran un esfuerzo máximo durante 3 minutos en varias posiciones, ya se apreciaban diferencias significativas, y sujetando un manillar convencional de carrera por los escaladores se conseguía el mejor resultado de

potencia producida, comparando con la posición inferior y con sendas posiciones tumbadas, hacia delante y hacia atrás (194).

En ciertas situaciones reales de competición, como durante el ascenso de pendientes fuertes, esa posición corporal más vertical será ventajosa siempre y cuando la velocidad no sea elevada.

En caso contrario, las resistencias aerodinámicas harán más eficaz la posición inferior, en los semimanillares, al reducir y mejorar la superficie frontal al viento.

Pero otro estudio con 9 ciclistas que comparaba la posición inferior de los semimanillares con la superior, en la parte horizontal del manillar, mostraba el logro de un consumo de oxígeno significativamente mayor, al igual que la potencia y la ventilación, en la posición inferior (47).

Concretamente, la carga máxima de trabajo agarrando la parte superior del manillar era sólo un 86% de la obtenida con la sujeción inferior, y el consumo de oxígeno, un 7% inferior.

Estos resultados contradictorios nos hacen pensar en la necesidad de seguir analizando las diferencias de rendimiento que pudieran existir entre la posición en los semimanillares y la de la barra superior.

Evidentemente, las dudas dejan de tener sentido si utilizamos algún tipo de manillar de los que solo permiten una posición de uso, en lugar de las variantes multipostura.

Ajuste rápido de una bicicleta ocasional

Cuando alquilamos una bicicleta para un uso puntual, bien sea de los servicios públicos que algunos ayuntamientos ofrecen o de empresas privadas, aplicar todo el conocimiento técnico que hemos descrito queda un tanto fuera de lugar.

Pero tampoco recomendamos utilizarla sin realizar previamente un ajuste básico para conseguir comodidad y seguridad en los desplazamientos que realicemos.

¿En qué detalles debemos centrar la atención?

- A) Comprobaremos que el estado general de la bici y sus ruedas es correcto.
- B) Una vez escogida, el siguiente punto es ajustar la altura del sillín.

Debe ser tal que, sentándonos en parado, nos permita apoyar un pie sobre el suelo, inclinando levemente la máquina.

Para personas con un control limitado de la bicicleta es más seguro adoptar una posición de sillín ligeramente más baja que la deseable desde el punto de vista del rendimiento, pues se ha demostrado un mejor control de la dirección (138).

Si tenemos un buen control, otra opción más eficaz, pero menos segura, es la de situar el sillín a una altura en la que, desde él, podamos tocar el suelo con ambas punteras del calzado en extensión total del tobillo, simultáneamente.

En caso de que tengamos que balancearnos para pedalear, es que la altura es excesiva.

- C) Procuraremos que el sillín esté bien alineado en sentido longitudinal y que no presente inclinaciones excesivas de su punta hacia arriba o abajo.
- D) Revisaremos que podemos apoyarnos bien en los pedales.
- E) La posición del manillar deberá permitir que lo alcancemos sin problemas.

En caso de estar a la altura del sillín o más arriba nos facilitará la visión del tráfico, y si está más bajo, favorecerá los desplazamientos rápidos al mejorar la aerodinámica.

- F) Comprobaremos que desde la posición de agarre del manillar podemos accionar correctamente las manetas de freno, y que éstas actúan eficazmente.
- G) Si la bicicleta tiene la posibilidad de cambiar los desarrollos, nos fijaremos si el que tiene puesto es adecuado para empezar al andar. O lo adaptaremos.

Siguiendo esos pasos, y utilizando los elementos de protección aconsejables, como el casco, guantes y gafas, empezaremos a rodar.



EN SÍNTESIS

- **Desde un punto de vista energético y en terreno llano, rodar en bicicleta es mucho más eficiente que patinar o andar.**
- **Hasta pendientes de un 13 % a 15 % se mantiene esa ventaja de la bici.**
- **En cuanto a llevar carga, por cada kilo de peso extra porteado en la espalda gastaremos 2,55 vatios más, pero si lo llevamos montando en una bicicleta el incremento será de solo 1,12 vatios más de consumo.**
- **Hasta pendientes de un 5 %, el peso de la bicicleta no tiene gran influencia en el esfuerzo requerido para moverla, aunque la diferencia es importante en competición.**
- **En llano y a igual capacidad física, cuanto mayor masa tenga el conjunto máquina-ciclista, mejor rodará, pero en pendiente se invierte la situación, y consigue mejor resultado el conjunto de menor masa.**
- **Hay diversos métodos para ajustar las dimensiones de la bicicleta a la persona que la va a utilizar, y los criterios serán diferentes si el objetivo es el máximo rendimiento, la mayor comodidad, la seguridad o reducir el riesgo de lesiones.**
- **Para personalizar las medidas de la bici, los métodos que analizan la posición sobre ella y el gesto real de pedaleo son preferibles a los basados en simples medidas anatómicas, porque toman en consideración la técnica de uso.**
- **El sillín, el manillar, el apoyo sobre los pedales y, sobre todo, las características de la persona, son algunos de los puntos fundamentales de un ajuste biomecánico.**
- **Para un uso puntual de una bicicleta, de alquiler o prestada, por ejemplo, debemos acostumbrarnos a realizar un breve chequeo previo de su estado y dimensiones, para utilizarla con seguridad y comodidad.**

TÉCNICA Y RENDIMIENTO







¿Cómo mejorar el rendimiento sobre la bicicleta?

Cuando se trata de mejorar la eficiencia mecánica de la bicicleta, los esfuerzos se centran habitualmente en reducir sus resistencias aerodinámicas.

Sin embargo, suelen olvidarse otros factores que afectan a la persona que la mueve: la perspectiva humana.

Parece lógico pensar que las mejoras en el rendimiento de este vehículo vengan de un estudio que recoja ambos puntos de vista.

La posición del cuerpo, la distancia entre el sillín y los pedales o el uso hábil de los desarrollos más adecuados a la producción de energía, la carga de trabajo y el ritmo de pedaleo son otros parámetros no desdeñables a la hora de mejorar el rendimiento mecánico de la bicicleta (139).

También la técnica de pedaleo tiene su importancia en el logro de una buena eficiencia energética.

De hecho, el comportamiento de las fuerzas aplicadas mientras las bielas pasan por el denominado “punto muerto” incide sustancialmente en la rentabilidad del esfuerzo y está relacionado con el ritmo de pedaleo, expresado en revoluciones por minuto (rpm) (140).

La técnica de pedaleo

Desde que la propulsión pasó de ser por apoyo directo de los pies sobre el suelo a presión sobre una biela, solidarias con la rueda delantera tractora o unidas mediante bieletas o cadena con la trasera, el gesto de pedalear ha sido bien estudiado.

En cada vuelta completa del pie apoyado sobre el pedal podemos encontrar varias fases, en función de los músculos que intervienen y de la aplicación mecánica de su fuerza.

El consenso habitual es considerar 4 momentos y, para describirlos, dividiremos la circunferencia que traza el pedal en sus 360°, y también en la aguja de las horas sobre la esfera de un reloj, para facilitar la comprensión.

Si analizamos el movimiento en el pie derecho de una persona que pedalea con la bicicleta en dirección hacia la derecha, entre los 20° y los 145° de ese movimiento circular, que sería aproximadamente entre las 12:45 h y las 4:45 h de la esfera del reloj, estaría en la fase I o de presión.

Desde los 145° hasta los 215°, aproximadamente desde las 4:45 h y las 7:10 h, el pie ejerce una función de arrastre y decimos que está en la fase II.

Entre los 215° y los 325°, equivalentes a la posición aproximada de 7:10 h a 10:50 h en el reloj, se encontraría en la denominada fase III, o de tracción.

Y entre los 325° y los 20° iniciales, que en la esfera de nuestro imaginario reloj quedarían entre las 10:50 h y las 12:45 h, encontraremos la fase IV o de avance.

De forma general, son los músculos que movilizan las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo los que intervienen durante el ciclo del pedaleo.

Pero en cada uno de sus periodos intervienen distintos músculos y con diferente intensidad.

En la fase I o de presión sobre el pedal intervienen los músculos extensores de la cadera y de la pierna.

En conjunto, forman el grupo más potente de esta acción, implicándose los glúteos mayor, mediano y menor, junto a los músculos posteriores del muslo (semitendinoso, semimembranoso y bíceps crural), en un primer momento, y el cuádriceps poco después, con su vasto interno y externo, el recto anterior y el crural.

Con ese trabajo tiene lugar una extensión tanto de la articulación de la cadera como de la rodilla.

En la fase II, en que se produce una especie de arrastre hacia atrás del pedal, participan el gemelo y el sóleo, generando una extensión del tobillo, especialmente cuando se utiliza una técnica de pedaleo denominada “redonda” en el argot ciclista.

Para la tercera fase de cada ciclo de movimiento del pedal se requiere una flexión dorsal de la articulación del tobillo y sendas flexiones de la rodilla y de la cadera.

El tibial anterior, el psoas ilíaco, el sartorio, recto interno, bíceps crural, semitendinoso, semimembranoso, poplíteo y bíceps femoral son los encargados de intervenir en los diferentes momentos de las flexiones citadas.

Y llegamos así a la fase IV, en la que la acción de los citados sartorio y psoas ilíaco, junto al tibial anterior,

acabara llevando hacia delante el pedal para completar el ciclo.

Los cambios de ángulos de trabajo y de intervenciones musculares hacen que no todas las fases de ese movimiento cíclico sean igualmente eficaces para propulsar la bicicleta hacia delante.

Admitiendo variaciones de cierta entidad en función de la técnica de pedaleo, puede afirmarse que durante la fase I se genera el 65% de la fuerza para el avance; en la fase II, en torno a un 12%, en la III, ascendente, aproximadamente el 17% del total y en la IV, de avance, la menos eficaz, apenas un 6% (26).

En todo ese recorrido hay dos puntos con una particularidad mecánica: la disposición de las bielas, totalmente alineadas con la dirección de aplicación de la fuerza de las piernas, hace inútil cualquier esfuerzo muscular.

Se trata de los dos puntos muertos que existen en cada revolución del eje pedalier cuando las bielas están fijas a 180°.

El esfuerzo realizado en ellos no genera un movimiento de rotación, sino que es soportado por la resistencia mecánica de pedales, bielas, pedalier y, en último caso, por el cuadro, que si no es suficientemente rígido, experimentará un movimiento de torsión, ineficaz para el avance de la bicicleta.

Durante el pedaleo, esos dos puntos muertos, inferior y superior, son rebasados por la inercia del movimiento rotatorio de los pedales, y la coordinación o técnica con que sean superados influirá en el rendimiento final de nuestra forma de realizarlo.



Pero no todas las personas tienen la misma forma o técnica de pedalear.

Las dos más habituales son el pedaleo “a pistón”, en el que la mayor parte de la fuerza se aplica en la fase I de la revolución del pedal, y el “redondo”, en el que además se pone énfasis en las fases II y III, realizando un arrastre hacia atrás, en la II, y una tracción hacia arriba del pedal en la III.

Comparando ambos desde un punto de vista de eficacia mecánica, el “redondo” ofrecía mejores resultados, pero a costa de un mayor gasto de energía, por lo que su eficiencia era menor, no encontrándose diferencias significativas respecto a utilizar la técnica preferida por cada persona o cualquiera de las otras formas (141).

El ritmo de pedaleo

Una observación sobre el terreno permite apreciar comportamientos diversos en cuanto al ritmo de pedaleo preferido en diferentes situaciones y por distintas personas.

Por ejemplo, si recordamos el uso de bicicletas, hace años, en el entorno rural, para desplazarse entre las piezas de labranza y el domicilio, era habitual contemplar que se movían con un pedaleo lento, incluso con cadencias inferiores a las 50 pedaladas por minuto.

En el uso competitivo, en cambio, es habitual el empleo de ritmos mucho más elevados.

¿Cuál es el motivo de esas elecciones?

Si analizamos la influencia del ritmo al dar pedales en el coste energético del desplazamiento, vemos que el menor consumo de oxígeno para hacer una carga de trabajo de 150 vatios se obtiene a unas $57 \pm 4,9$ rpm (142).

Profundizando en el tema, un trabajo de investigación estudió el gasto de energía interna debido al pedaleo y en función de la masa de las extremidades inferiores (143).

El resultado fue que a 40 pedaladas por minuto el coste era de 0,78 W/kg de peso de dichas extremidades. A 60 rpm disminuía hasta 0,34 W/kg. A 80 rpm ascendía de forma clara, multiplicándose casi por diez: 3,29 W/kg, y a 100 rpm se disparaba hasta los 10,30 W/kg.

Por ello, en muchos test de valoración de la condición física encontramos que el ritmo de pedaleo estandarizado es de 60 rpm, de acuerdo con lo citado.

Sin embargo, el menor trabajo para esa carga, expresado en julios por kilogramo y por metro, era medido a 101,1

$\pm 3,2$ rpm, y eso puede explicar el motivo de que en competición los ritmos habituales sean cercanos a esa cifra, por su mayor eficacia mecánica (144).

Dado que el rendimiento, habitualmente, no es el objetivo primordial del uso de la bicicleta como medio sostenible de desplazamiento, deducimos que conseguir mediante el adecuado uso de los cambios de desarrollo una cadencia media de unas 60 rpm reduce el coste de los mismos.

Sin embargo, estudiando las implicaciones entre el ritmo, el consumo de oxígeno, la ventilación, la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato en sangre, se aprecia que todas esas variables tienen una relación directa, pero no lineal, con la frecuencia de pedaleo. Y a medida que aumenta la carga de trabajo, la mayor eficiencia se obtiene a ritmos más elevados de rotación.

Curiosamente, las personas expertas en ciclismo escogen de forma instintiva las frecuencias más eficientes en función de la carga de trabajo, aunque sus diferencias respecto a otras inexpertas, en cuanto a consumo de energía, no llegaban a ser importantes (145).

Sin embargo, no es lo mismo pedalear a 60 que a 120 pedaladas por minuto, por citar un par de ejemplos.

Analizando las respuestas de pedaleo a 6 intensidades crecientes y con 4 frecuencias de pedaleo: 60, 80, 100 y 120 rpm, se aprecia que la ventilación y el consumo de oxígeno es menor a 60 pedaladas por minuto, pero que la producción de potencia en relación al gasto de energía es más elevada a ritmos altos (146).

La diferencia es que para generar un trabajo determinado, cuanto mayor ritmo utilizemos, mayor será el gasto de energía utilizado para mover las piernas, llamado trabajo interno.

Debemos analizar, entonces, el comportamiento del trabajo externo, que no toma en consideración ese coste, y el trabajo mecánico, que sí lo cuantifica.

Lo que se aprecia es que en cada carga de esfuerzo el trabajo mecánico aumenta de forma lineal a medida que lo hace el ritmo de pedaleo, mientras que el gasto de energía lo hace de forma curvilínea.

Relacionando la eficiencia bruta; es decir, el cociente entre el trabajo externo y la energía gastada, respecto a la eficiencia mecánica, o relación entre el trabajo mecánico y la energía gastada, incluyendo aquí el trabajo interno ocasionado por la actividad muscular, se aprecia que los ritmos óptimos según su eficiencia mecánica, escogidos habitualmente por ciclistas con experiencia, son sustancialmente más elevados que los calculados en función de la eficiencia bruta (147).

Sin embargo, mantener un ritmo elevado para conseguir una buena eficiencia mecánica también tiene sus límites.

Un estudio analizó el rendimiento máximo de 9 ciclistas pedaleando a 80, 100 y 120 rpm en tres ocasiones suficientemente espaciadas (148).

La potencia máxima alcanzada a 80 rpm fue de 363 ± 7 W, a 100 rpm, 370 ± 12 W., y a 120 rpm, la cifra fue un 9% menor: tan sólo 335 ± 9 W., con $p < 0,05$.

También en el umbral anaeróbico el rendimiento fue menor a 120 rpm. Concretamente, un 11%, y analizados los niveles de lactato en sangre a ese ritmo de pedaleo y frente a una carga de 300 vatios, se apreciaba una concentración de $5,3 \pm 1,2$ mM, significativamente mayor ($P < 0,05$) que los $3,0 \pm 0,7$ mM encontrados cuando el pedaleo era a 80 rpm.

Por lo tanto, un ritmo máximo en torno a las 100 rpm parece ser el más eficiente, al menos cuando el esfuerzo a realizar es elevado (149).

En general, los estudios muestran que los ritmos de pedaleo óptimos aumentan linealmente a medida que lo hace la carga de trabajo, y que en competición los más habituales oscilan entre las 90 y 105 rpm (150).

Apoyando esa elección, y mediante sensores piezocerámicos de presión ubicados entre el pie y el calzado durante el pedaleo contra una misma resistencia, se aprecia que a 100 rpm las fuerzas efectivas aplicadas en cada pedalada son significativamente menores que a 80 o 60 rpm. Y ello tanto en ciclistas de competición como de recreación (151).

Otra cuestión es si merece la pena mantener ritmos tan vivos en un uso no competitivo de la bicicleta.

Lo cierto es que la coordinación neuromuscular precisa para ello no está al alcance de todas las personas potencialmente usuarias de la bici como vehículo de movilidad sostenible, y que a medida que el ritmo de pedaleo aumenta por encima del personalmente preferido, la eficiencia y la eficacia disminuyen (152).



Pedaleo sentado o en pie

Cuando los desplazamientos son largos o la pendiente se hace fuerte, es habitual recurrir a cambios en la posición de pedaleo, con el fin de dar descanso relativo a unos grupos musculares, en detrimento de otros.

Pequeños desplazamientos sobre el sillín en sentido longitudinal o cambios en la zona de agarre del manillar, cuya influencia en el rendimiento suele ser muy limitada, son algunos de los recursos más frecuentes.

Además de las situaciones en las que la persona cambia sus puntos de apoyo, también modificaciones de esos puntos, como una inclinación de 20° hacia abajo de la punta del sillín en los ascensos de pendientes, generan cambios importantes en el rendimiento y la comodidad, alterando la distribución de los esfuerzos musculares que, en ese caso, consisten fundamentalmente en una disminución aproximada del 34% en el trabajo del recto femoral y un incremento del 44% en el glúteo mayor (153).

Siguiendo con las adaptaciones posturales, sujetar el manillar por los escaladores, o parte superior de las manetas de freno, o por los semimanillares, o parte inferior y curva de los mismos, no supone cambios sustanciales “per se” en el esfuerzo (154), aunque sí los hay entre agarrarse a los semimanillares o a la parte horizontal alta (155), lo que permite un acomodo diferente del cuerpo, dejando ahora de lado aspectos de resistencia aerodinámica.

La modificación de postura más radical consiste en el paso de sentado a en pie sobre los pedales, siendo en pendientes fuertes donde más podemos apreciar este gesto.

Para conocer las implicaciones fisiológicas de esas dos posiciones, se hizo pedalear en ambas, sobre un cicloergómetro, a 7 ciclistas frente a una misma carga de trabajo.

Sus consumos de oxígeno fueron de $66,4 \pm 1,6$ ml/kg/min, sentados, y de $66,4 \pm 1,7$ ml/kg/min en pie. Es decir que no había diferencia de gasto energético entre ambas opciones.

Al tratarse de un cicloergómetro, la resistencia del aire no interviene, puesto que no hay desplazamiento respecto a él.

Las mismas personas hicieron una nueva prueba, pero en este caso pedaleando en sus propias bicicletas sobre una cinta rodante y con un 10% de pendiente.

En esta ocasión, tanto el consumo de oxígeno como la frecuencia cardiaca fueron significativamente más elevadas en la posición de en pie cuando rodaban a 20 km/

hora ($p < 0,05$), pero no había diferencia cuando la velocidad era de tan solo 12,3 km/h.

Sin embargo, con esa pendiente del 10% se apreciaba una menor sensación de fatiga muscular pedaleando en pie que haciéndolo sobre el asiento (156).

En otro estudio realizado con 8 varones y 2 mujeres, que pedalearon en distintas posiciones sobre cinta rodante, se comprobó que la diferencia de esfuerzo en función de la posición no era debida a la aerodinámica (154).

Con una pendiente del 4% y a 19,3 km/h el consumo de oxígeno era significativamente menor rodando sobre el sillín que en pie sobre los pedales: $28,3 \pm 0,7$ frente a $31,7 \pm 0,9$ ml/kg/min.

La conclusión sería entonces que para ascender pendientes moderadas la posición de en pie sobre los pedales resulta ser menos económica, pero cuando la pendiente es fuerte, hacer que la propia masa corporal, por efecto de la gravedad, colabore en el avance de la bicicleta proporciona una sensación de menor fatiga.

También resulta habitual que, en ascenso, el ritmo de pedaleo preferido sea más rápido en posición sentada que en pie (157).

Debemos considerar que el cambio de ángulos de trabajo musculo-articulares activa de modo diferente los grupos implicados en el pedaleo, lo que proporciona cierto alivio en el esfuerzo.

Para comprobarlo, un estudio analizó las respuestas musculares en brazos y piernas de 10 ciclistas rodando sobre cinta, sentadas y en pie, al 80% de su capacidad de trabajo y sobre pendientes del 4%, 7% y 10%. Además, se les pidió que utilizaran dos formas de agarre del manillar: en las manetas y en los semimanillares (158).

En pie, casi todos los músculos de las piernas se activan más que durante el pedaleo sentado, excepto el gastrocnemio medial, el sóleo y el tibial anterior.

Y al erguirse aumenta también la activación de los músculos de los brazos. Más si agarramos de los semimanillares que si lo hacemos en las manetas o escaladores, y el centro de gravedad se desplaza hacia delante.

En cualquiera de esas dos posiciones de agarre, en pie, la activación de los brazos disminuye con el balanceo lateral de la bici, al tiempo que aumenta el pico de fuerza en los pedales.

Sin llegar a ponerse en pie sobre los pedales, lo que también se aprecia al llegar a pendientes en ascenso es que las personas ciclistas tienden a adoptar una posición corporal más vertical, a la par que una cadencia de pedaleo más lenta, comparando ambos datos con los propios del terreno llano (159).



El gasto de mantenernos sobre la bicicleta

Cuando analizamos el coste energético de andar en bicicleta, podemos olvidar que uno de los factores que interviene es el mantenimiento estable del cuerpo sobre la máquina.

Sin embargo, su estudio muestra que realmente supone una mínima cantidad del total del gasto.

La parte del cuerpo que precisa ser estabilizada es precisamente el tronco.

Apoyado el cuerpo sobre el sillín en la superficie comprendida entre las dos tuberosidades isquiáticas y la zona anterior del periné, toda la masa del tronco, más la de cabeza, cuello y extremidades superiores, queda por encima e inestable, siendo preciso el agarre de las extremidades superiores al manillar para asegurar su equilibrio.

Realmente, el esfuerzo muscular necesario para estabilizar el tronco no es elevado, comparado con el resto de los componentes.

Tiene relación con el ritmo y con la fuerza con que se ejecuta el pedaleo. De hecho, cuanto más bajo es el ritmo, mayor es la fuerza a aplicar sobre los pedales, a igual velocidad, y mayor es el gasto de estabilización: a 40 rpm supone un 1,6%; a 60 rpm, un 1,2% y a 80 rpm apenas es un 0,2% (160).

La masa corporal de quien pedalea es otro de los factores que modifican el gasto de energía cuando nos desplazamos en bicicleta.

Curiosamente, ese coste energético guarda mayor relación con la masa de las piernas en movimiento que con la masa corporal total: en personas sedentarias, y al margen de su género y edad, son mayores los consumos de oxígeno cuanto mayor es la relación masa de las piernas / masa corporal total (161).

Influencia de la sección del neumático y su presión de inflado en el esfuerzo

En la resistencia a la rodadura influyen las cargas verticales; es decir, el conjunto de peso de quien monta en la bici, más el de ésta y lo que transporta, así como la presión de los neumáticos.



Recomendaciones sobre dicha presión para reducir el consumo de combustible en vehículos a motor son habituales cada vez que el mercado sufre un aumento de sus costes.

La carga y la presión, además de las cualidades del neumático, son las que determinan su deformación y consiguiente resistencia al movimiento.

Respecto a la carga, incrementar en 15 kg la correspondiente a la persona y su bicicleta puede aumentar la resistencia de rodadura de forma considerable. Un 11,4% según algún estudio (162).

Pero, ¿cómo influye la presión de inflado?

Un estudio (163) analizó el comportamiento de 4 secciones de neumático: 20, 23, 25 y 28 milímetros, hinchadas a tres presiones diferentes: 552 kPa, 690 kPa y 827 kPa.

Instintivamente pensaríamos que, a menor sección, menor resistencia a la rodadura. Al menos, eso es lo que ha guiado durante años al personal técnico que intentaba mejorar el rendimiento.

Pero estudios más recientes demuestran que las diferencias entre esas opciones son tan pequeñas, y tan reducida su influencia que, rodando en carretera, no se llegan a apreciar los cambios de sección de neumático.

En cambio, la presión sí que influye en el rendimiento.

Cuanto menor es, más energía necesitamos para rodar a la misma velocidad.

El motivo es que, a igualdad de presión, los neumáticos más finos, de menor sección, se deforman más contra el suelo, y aumenta su resistencia a la rodadura.

En la antigua elección de perfiles muy delgados podía influir la idea de que su aerodinámica era mejor, facilitando la entrada en el aire.

Sin embargo, lo que parece demostrarse más recientemente es que pudiera ser la forma de la llanta utilizada la que tendría más influencia en la resistencia aerodinámica (164).

En cualquier caso, las diferencias de resistencia a la rodadura debidas a la presión de inflado parecen ser bastante reducidas, puesto que estudios con muestras pequeñas no llegan a alcanzar la significación estadística necesaria entre 552kPa y 965 kPa, por ejemplo (165).

En este caso, eran tan solo 2 mujeres y 5 hombres, con buen entrenamiento previo, quienes rodaban sobre cinta a 19,3 km/h y con una pendiente del 4%.

Para valorar si este tipo de prueba es adecuada, se analizaron con un dinamómetro las fuerzas requeridas para mantener en posición una bicicleta en equilibrio, sin

pedalear, sobre una cinta a una velocidad constante de 5,56 m/s (20 km/h aprox.) y con pendientes crecientes entre 0 y 10%.

Las ruedas sucesivamente montadas eran de 700 x 28, 700 x 23 y 700 x 22, y las presiones de inflado, de 150, 300, 600, 900 y 1100 kPa, apreciándose que esta era una forma adecuada y sensible de medir las diferencias de resistencia a la rodadura de diferentes configuraciones de ruedas con distintas presiones (166).

Si llevamos a extremos las diferencias de presión, para poner más de manifiesto su efecto en el desplazamiento, tal como vemos en el estudio de Grappe y otros (162), se aprecia un descenso del 62,4% en la resistencia a la rodadura entre circular con 150 kPa y hacerlo con 1200 kPa.

Pero no todas las bicicletas que pueblan el paisaje urbano y periurbano utilizan neumáticos de carretera, con lo que introducimos otra variable más.

Hay personas que combinan el asfalto con el tránsito por pistas de “todouno”, senderos y otros terrenos, o que, simplemente, tienen una sola bicicleta para todos los usos, y esa es de las denominadas “de monte”.

Sus neumáticos se caracterizan, entre otros detalles, por su mayor sección, menor diámetro y menor presión recomendada respecto a las bicicletas de carretera.

Un estudio sobre el neumático ideal para rodar sobre tierra compactada, tomando en consideración la capacidad de frenado y la de aceleración, concluye que debe ser de poco peso, reduciendo la superficie de rodadura y con poca profundidad de dibujo, pero manteniendo un volumen alto (167).

En cuanto al dibujo más adecuado para la mayor parte de los supuestos de uso de la bicicleta como medio de desplazamiento, otro análisis compara neumáticos prácticamente lisos con los de tacos, encontrando que los primeros, rodando sobre carretera, ofrecen un $21 \pm 15\%$ menos resistencia que los de perfil agresivo (168).

Recapitulando, podemos afirmar que, a igualdad de superficie de apoyo y velocidad, la resistencia a la rodadura viene condicionada por la presión de inflado y el peso conjunto de la bicicleta y quien la mueve.

Pero, además del rendimiento, debemos considerar el aspecto de la seguridad, y en este resulta evidente que, sobre asfalto, las cubiertas de tacos presentan peores propiedades de adherencia, y se limitan sus posibilidades de frenado y de aceleración, lo que supone un riesgo para la integridad física que debe ser tenido en cuenta a la hora de elegir.

¿Cómo influye el diámetro de la rueda?

Las ruedas de bicicleta han sufrido grandes cambios de tamaño a lo largo de la historia, tanto en su diámetro como en cuanto a la sección.

Y esa búsqueda de lo mejor continúa.

En el entorno de la bicicleta de montaña, por ejemplo, la evolución en cuanto a ruedas ha llevado al empleo de mayores diámetros que antaño, sustituyéndose progresivamente las de 26 pulgadas por las de 29.

Los argumentos para justificar esa tendencia son las mejoras en velocidad a igualdad de esfuerzo, el mayor agarre, mayor inercia y mejor comportamiento en terrenos irregulares de los diámetros grandes (169).

Para cuantificar alguna de esas cualidades, se hizo circular a una misma persona sobre una zona bacheada, a velocidades iniciales de entrada en el tramo de entre 3 y 8 m/s, con irregularidades de entre 1,75 y 7,5 cm y montando una bicicleta con una rueda trasera de 29 pulgadas y una delantera que podía ser de 26 o 29, ambas infladas a 26 psi, y con o sin suspensión, comparando

todos los datos obtenidos en cuanto a velocidad y movimientos verticales (170).

El cambio de rueda delantera suponía una variación de unos 100 gr de masa, por el aumento de diámetro.

Como resultado, no se apreciaron cambios significativos de velocidad de salida entre ambos tamaños de rueda, y con o sin suspensión.

En cuanto a los movimientos verticales, sin suspensión y con la rueda de 29 pulgadas, eran significativamente mayores que con la de 26 pulgadas, por el mayor tiempo de contacto de la rueda grande con los baches, pero la adición de la horquilla con suspensión, manteniendo la significación estadística, redujo la diferencia entre ambas ruedas al límite.

Otro aspecto apreciado es que, utilizando suspensión, a mayor velocidad ambas ruedas presentaban menor movimiento vertical, mientras con horquilla rígida se apreciaba un aumento de los desplazamientos, poniendo de manifiesto la beneficiosa intervención de la amortiguación.

Aerodinámica y gasto de energía

Tal como avanzábamos, es el componente aerodinámico de las bicicletas el que ha polarizado la atención a la hora de mejorar su rendimiento.

Y ese esfuerzo está justificado.

De hecho, la resistencia al avance crece a medida que lo hace la velocidad, pero en una proporción considerable: ¡lo hace en relación al cuadrado de la velocidad!

De esa forma, las mejoras aerodinámicas tienen poca influencia en el rendimiento a bajas velocidades, como las que pueden ser habituales en el uso no competitivo de la bicicleta, pero se vuelven trascendentales cuando la velocidad es alta.

Un trabajo comparando el rendimiento de una bicicleta de cuadro y ruedas convencionales frente a otra con cuadro aerodinámico y las mismas ruedas mostraba que sólo a partir de una velocidad de unos 45 km/h se apreciaba cierta ventaja en el uso de dicho cuadro especial, y se reducía a tan solo un 5% del gasto de energía (171).

Curiosamente, en el margen de velocidades medido, el cambio de ruedas convencionales a las aerodinámicas tenía una influencia pequeña en el rendimiento.





Sin embargo, recordaremos que esas pequeñas ventajas, en el mundo de la competición, pueden convertir el éxito en fracaso, por lo que está fuera de toda discusión lo acertado de su empleo en ese ámbito.

Otro estudio centraba la atención en los efectos de rodar con un mismo cuadro, pero con ruedas convencionales, lenticulares o de bastones, y encontraba, en cambio, que estas dos opciones proporcionaban una reducción del consumo de oxígeno de un $7 \pm 4\%$ respecto a las ruedas convencionales, circulando a 40 km/h (172).

¿Cómo rodar más rápido? La importancia de una posición adecuada

Las connotaciones deportivas de la bicicleta no son el único motivo para correr con ella.

De hecho, la prisa puede estar presente en cualquiera de los desplazamientos en que la utilizemos.

Y hablando de velocidad ya hemos visto que uno de los obstáculos que la limitan es la resistencia que el aire opone al desplazamiento.

Si analizamos las situaciones en que con mayor precisión se ha estudiado cómo ir más rápido con menor esfuerzo; es decir: los records de la hora, vemos que, según

ciertas investigaciones, el 40% de las mejoras se debía a causas fisiológicas y el 60% a mejoras tecnológicas (173).

Para reducir la resistencia aerodinámica, una de las opciones más sencillas es cambiar la posición corporal, modificando los puntos de agarre al manillar, por ejemplo.

Pedalear sujetándose a un manillar aerodinámico exige un consumo de oxígeno ligeramente más elevado que hacerlo en los semimanillares ($1,5 \text{ ml/kg/min}$) o en los escaladores, así como unas 5 pulsaciones más por minuto (174).

Esos datos, obtenidos sobre una muestra de 14 ciclistas masculinos de élite, equivalen a una pérdida de unos 9 vatios de potencia mecánica. Pero las mejoras aerodinámicas calculadas son del orden de 100 vatios, compensando de sobra la incomodidad que se pone de manifiesto en otras investigaciones (175).

En un estudio con 11 ciclistas bien entrenados se analizaron datos de esfuerzo ventilatorio y de frecuencia cardíaca rodando a 30 km/h en tres posiciones de manillar: en los escaladores, semimanillares y con manillar aerodinámico (176).

Las diferencias no fueron significativas entre los semimanillares y el manillar aerodinámico, pero sí entre los escaladores y este último, con una ventilación de $66,1 \pm 2,7 \text{ l/min}$, un consumo de oxígeno de $1,56 \pm 0,15 \text{ l/min}$ y 152 ± 4 pulsaciones por minuto en la posición más elevada, frente a $61,3 \pm 2,8 \text{ l/min}$, $1,31 \pm 0,10 \text{ l/min}$ de consumo de O_2 y 146 ± 4 pulsaciones por minuto en la aerodinámica, poniendo de manifiesto las ventajas de la posición más agresiva.

Ya en el uso exclusivamente deportivo de la bicicleta, otra opción para rodar más rápido y con menos esfuerzo es trasladarse a lugares elevados, en los que la densidad del aire es menor y se facilita el desplazamiento a velocidades elevadas.

Cierto es que nuestro organismo, a medida que ascendemos respecto al nivel del mar, pierde capacidad de trabajo aeróbico, por la disminución progresiva de la presión de oxígeno en el aire que respiramos en altura.

Pero esa disminución de la capacidad fisiológica es inferior a las ventajas que la atmósfera más liviana de la altitud moderada nos ofrece, reduciendo la resistencia aerodinámica, lo que nos permite alcanzar mayor velocidad con el mismo esfuerzo.

Cierto es que esas ventajas se manifiestan mejor si las pruebas de rendimiento se realizan tras una etapa adecuada de aclimatación (177).

Con prisa, ¿qué podemos hacer para llegar antes?

La necesidad, real o sentida, de llegar antes a algún lugar es muy frecuente, y el uso la bicicleta como medio de desplazamiento no está exento de prisas.

Aprovechando datos del mundo de la competición ciclista, para llegar antes a nuestro destino podemos recurrir a variados medios y de diferentes naturalezas: química, postural o técnica, por ejemplo.

Imaginemos que necesitamos desplazarnos 40 Km y con prisa. Utilizando cierta dosis de cafeína ganaríamos entre 55 y 84 segundos en cubrir esa distancia.

Pero si en lugar de agarrarnos en la parte alta de un manillar de carreras nos estiramos un poco hasta los esca-

ladores o parte superior de las manetas de freno, llegaremos a nuestra meta entre 5 y 7 minutos antes.

Y si lo hacemos en los semimanillares, con la postura más aerodinámica, ganaremos entre 2 y 3 minutos más que en la posición anterior.

También podemos cambiar de medios técnicos y adquirir un cuadro aerodinámico para nuestra bicicleta, con lo que ganaríamos entre 60 y 82 segundos (178).

Otra baza en caso de tener prisa sería la estrategia.

Pensando en que, a lo largo de los desplazamientos, suele haber terrenos variados, también en cuanto a la pendiente se refiere, con subidas, bajadas y llanos, se nos plantea la duda de en cuáles de ellos es más eficiente esforzarse físicamente para tardar menos en un recorrido.

La opción más evidente consistiría en mantener uniforme, al margen del terreno, la mayor intensidad de esfuerzo que seamos capaces de soportar, para llegar a nuestro destino lo antes posible.

Otra sería la de regular ese mismo nivel de trabajo en subidas y llanos y esforzarse algo más en las bajadas, con la ley de la gravedad a favor.

Evidentemente, en el tramo siguiente la fatiga haría que nuestra capacidad de esfuerzo fuera algo menor.

La tercera opción, a su vez, consistiría en lo contrario: mantener la intensidad de trabajo media en llanos y bajadas para esforzarse especialmente cuando la pendiente nos presenta su mayor oposición.

Para aclarar dudas, un estudio analizó en personas no competidoras los resultados de esos diferentes comportamientos en un mismo recorrido de 10 km, con pendientes positivas y negativas del 10% y de 1 km de longitud (179).

El mejor resultado fue conseguido con la opción en que se incrementaba el esfuerzo ligeramente en los ascensos, reduciendo el tiempo del recorrido en un 6,4%.





Gasto energético rodando “a rueda”

Cuando se analizan los factores que modifican el gasto de energía de los vehículos de propulsión humana se aprecia que la resistencia del aire al avance, la inclinación o pendiente de la ruta y la fricción que existe entre las ruedas y el terreno, así como entre las diferentes piezas de la máquina en movimiento, son los aspectos más importantes (180).

Poder hacer frente al esfuerzo exigido, especialmente cuando se trata de un uso competitivo de la bicicleta, depende de numerosos parámetros físicos y fisiológicos, como la longitud del fémur, el peso, la composición corporal, el nivel de esfuerzo en que se sitúa el umbral anaeróbico, el tipo de fibras musculares, la concentración de mioglobina y de hemoglobina, la densidad de capilares de los músculos implicados en el esfuerzo, y otros más.

También influyen aspectos técnicos y mecánicos, como la dirección de aplicación de la fuerza cuando pedaleamos, la solidez de la suela del calzado utilizado o el diseño de la unión pie-calzado-pedal (181).

Pero vencer la resistencia del aire es el obstáculo más gravoso para la economía energética de la bicicleta.

Cierto es que, como este factor crece en función del cuadrado de la velocidad, y las velocidades en el uso no

competitivo de la bicicleta son más bien lentas, su importancia en este caso es menor.

Ese aspecto permite que a la hora de escoger la posición sobre la bicicleta no sea preciso sacrificar la comodidad, o la seguridad, al rendimiento, pudiendo optar por posturas más erguidas que en competición, lo que permite ver, y hacerse ver, por encima del tráfico de buena parte de los vehículos a motor.

Pero la resistencia aerodinámica no sólo depende de nuestro ritmo de desplazamiento.

La presencia de viento de cara, sumando su velocidad a la nuestra propia, magnifica el esfuerzo necesario para vencer la resistencia del aire.

¿Qué hacer para rodar con menos esfuerzo en esos casos?

Adoptar aquellas posiciones con las que nuestra superficie frontal sea menor: flexionando los brazos para inclinar el tronco adelante, o agarrando el manillar en sus puntos más bajos, si es multiposición.

Si la situación se presenta con ráfagas alternadas con momentos de calma y tenemos prisa por llegar al destino, ¿qué conviene hacer? ¿Mantener constante el nivel de esfuerzo, tanto en presencia de viento como en su ausencia?

Se ha comprobado que, aunque las diferencias son reducidas, dado que las velocidades en el transporte no son como las de la competición, se logra llegar antes incrementando ligeramente el esfuerzo cuando el viento de frente aparece, en lugar de mantener un



nivel de esfuerzo constante al margen de que sople o no (179).

En cualquier caso, una forma de reducir las resistencias aerodinámicas y el gasto de energía al desplazarse es circular “a rueda”.

Para cuantificar ese hecho, un grupo de 4 ciclistas competidores en categoría Aficionados, con una edad media de $18,7 \pm 0,4$ años, talla de $180,4 \pm 2,9$ cm y peso de $70,4 \pm 3,8$ kg fue analizado en el Servicio Médico de la Diputación Foral de Bizkaia en la Kirol Etxea y, con bicicletas de idénticos elementos técnicos, el grupo rodó en velódromo a una velocidad constante de 35 km/h, utilizando la misma relación de transmisión (53 x 15).

Manteniéndose uno tras otro, a la mínima distancia entre ruedas que permitían su habilidad técnica y la seguridad de no sufrir un accidente por colisión lateral de las mismas, los cuatro ciclistas fueron circulando alternando las posiciones en el grupo, mientras era registrado su esfuerzo cardiaco.

Mantener la primera posición del grupo exigió una frecuencia cardiaca de 156 ± 11 pulsaciones por minuto, la segunda costaba 134 ± 10 , la tercera, 130 ± 9 y la cuarta, 127 ± 8 pulsaciones por minuto, poniendo de manifiesto la importancia del efecto de arrastre que beneficiaba a las posiciones “a rueda” (182).

Otro estudio posterior confirmaba esos resultados, expresados ahora en consumo de oxígeno.

Utilizando el mismo tipo de ruedas, cubiertas y presión de neumáticos, un grupo de ciclistas realizaban 92 pruebas a velocidades de entre 32 y 40 km/h.

La mejor ecuación para calcular de forma empírica su consumo de oxígeno resultaba ser:

VO_2 (l/min) = $-4,5 + 0,17 \times \text{velocidad} + 0,052 \times \text{velocidad del viento} + 0,022 \times \text{peso}$

Rodar a rueda, en segunda posición, a 32 km/h, reducía el consumo de oxígeno un $18 \pm 11\%$, y si la velocidad era de entre 37 y 40 km/h, el porcentaje de reducción de gasto energético era de $27 \pm 7\%$.

También a 40 km/h, pero rodando en 8ª posición, el ahorro de energía llegaba a ser de $39 \pm 6\%$.

Aun cuando esto no sea una invitación para hacerlo, dados los riesgos de accidente que implica, circular a 40 km/h tras un coche bajaba el gasto de energía un espectacular $62 \pm 6\%$ (172).

Queda claro, por todo lo anterior, el importante papel de la resistencia aerodinámica en el gasto energético de desplazarse en bicicleta. Y el interés por reducirla, especialmente cuando la velocidad comienza a ser alta.

La bicicleta de piñón fijo

Ejemplo de minimalismo mecánico, las bicicletas de piñón fijo, que no deben ser confundidas con las bicicletas de un solo piñón libre, sin cambios, son actualmente visibles en zonas urbanas, además de en los velódromos.

Su simplicidad aporta ligereza, al carecer de elementos como los cambios, con sus manetas, sirgas y desviadores delantero y trasero, o los frenos, en los modelos puristas, aun cuando algunas bicis de este tipo han evolucionado incorporando buje trasero con freno a contrapedal, ejercido por las piernas, o freno delantero.

En cualquier caso, el Reglamento General de Vehículos, en su artículo 22, obliga a que los ciclos y bicicletas cuenten con sistema de frenado en ambas ruedas.

También las hay con doble piñón, situando uno a cada lado del buje: fijo en un lado y libre en el otro, para escoger la mejor opción en función de las necesidades con sólo invertir la rueda trasera.

Otra ventaja de la bicicleta de piñón fijo es que mantiene constantemente una perfecta alineación de su plato y piñón, logrando que el rendimiento mecánico sea levemente superior a las que ofrecen diversas combinaciones o marchas, ya que muchas presentan torsiones más o menos importantes de la cadena y la consiguiente merma de eficiencia.

Sin embargo, no son sencillas de utilizar.

Su manejo a alta velocidad, o en curvas, por ejemplo, exige buena técnica de pedaleo y cualidades de coordinación neuromuscular para poder mover las piernas a ritmos superiores incluso a las 100 rpm.

Gasto de energía con bicicleta tándem

Las bicicletas tándem son una opción de excepcional interés en ciertas condiciones, como cuando se piensa en personas con algunas discapacidades, como la visual.

En el mundo competitivo tienen clara presencia, y en el recreativo también, siendo el del transporte sostenible un entorno complicado para el uso de este tipo de bicicleta.

Desde el punto de vista del esfuerzo físico, ¿qué supone rodar en tándem?

La participación de dos personas en el esfuerzo de rodar, sin apenas incremento en la resistencia aerodinámica, dado que en esa posición no aumenta la superficie frontal al viento, y con poca variación de las resistencias a la rodadura, beneficia al rendimiento.

Un estudio comparó la frecuencia cardíaca, la producción de ácido láctico y el Índice de percepción de esfuerzo de 9 parejas de ciclistas rodando en tándem y en bicicleta individual a velocidades de entre 19,3 km/h y 29 km/h.

Los resultados mostraron que la frecuencia cardíaca promedio era de $126 \pm 20,7$ latidos por minuto en





tándem y $142 \pm 20,1$ en bici normal; la concentración de lactato pasaba de $1,46 \pm 1$ mM/L en la doble a $2,36 \pm 1,7$ mM/L en el caso individual, y el esfuerzo percibido, de $10,1 \pm 1,7$ a $11,3 \pm 2,6$ de promedio en la Escala de Borg.

Llevando a terreno práctico los resultados, en la bicicleta doble se podía rodar entre 4,8 y 8 km/h más rápido con el mismo esfuerzo que en la convencional, lo que supone una considerable ventaja de rendimiento (183).

Gasto de energía rodando en bicicleta tumbada

Aun cuando la posición más tradicional de uso de la bicicleta ha sido la erguida sobre el sillín, otras variantes son posibles y han sido testadas y comercializadas.

Una de ellas es la posición yacente, en decúbito supino y con una ligera elevación de la cabeza y el tronco respecto a caderas y piernas.

La eficiencia de esta posición fue analizada a velocidades de entre 5,1 y 10 m/s; es decir, desde algo más de 18 km/h hasta 36 km/h.

Para ello se relacionó el trabajo mecánico realizado y el gasto de energía metabólica.

El trabajo aumenta linealmente con el cuadrado de la velocidad, y se apreciaba que en este tipo de bicicleta la eficiencia mecánica no resultaba afectada por la diferente posición biomecánica, siendo similar a la de otras posiciones de pedaleo (184).

Las ventajas potenciales de la bicicleta yacente o tumbada debieran, en todo caso, venir derivadas de su aerodinámica, al poder presentar una menor superficie frontal al aire respecto a posiciones más erguidas.

Pero esa posición llega a influir incluso en el funcionamiento cardíaco.

De hecho, se ha comprobado que el tiempo destinado a introducir sangre en los ventrículos, denominado diástole, se acorta en la posición tumbada boca arriba de estas bicicletas.

Eso pudiera afectar a la eficacia cardíaca, reduciendo la cantidad de sangre que el corazón bombea, pero se ha apreciado que, compensando el menor tiempo de que dispone, la posición tumbada facilita la entrada hemática durante la primera fase de la diástole, lo que permite mantener el volumen sistólico o cantidad de sangre bombeada por el corazón al organismo cuando pedalea en posición de decúbito supino (185).

Es evidente la necesidad de realizar más estudios sobre esta modalidad.

Otras formas de “mover” la bicicleta: impulsión combinada con brazos y piernas

Personas que han sufrido importantes pérdidas anatómicas o funcionales en extremidades superiores o inferiores siguen teniendo opciones de utilizar la bicicleta, o adaptaciones de esta máquina a sus posibilidades.

La amplia variedad de modelos que pueden apreciarse en las competiciones de ciclismo adaptado son una manifestación de ingenio y ganas de seguir disfrutando de la bicicleta y de las múltiples posibilidades de movimiento que nos ofrece.

Para conocer más sobre la eficiencia mecánica de esas alternativas, un grupo de 10 hombres y 12 mujeres realizaron varias pruebas sobre un ergómetro para ambos brazos y una pierna, un cicloergómetro normal y una bicicleta para brazos (186).

El resultado mostraba una eficiencia similar entre el ergómetro de brazos y pierna combinados y el cicloergómetro convencional, siendo parejos los esfuerzos cardiovasculares de ambos.

Sin embargo, el ergómetro movido exclusivamente con los brazos tuvo un resultado peor que los anteriores, exigiendo una respuesta cardiocirculatoria mayor frente al mismo ejercicio.

El triciclo impulsado con los brazos

En línea con la máquina anterior, también quienes han perdido anatómica o funcionalmente la capacidad de utilizar sus piernas conservan la posibilidad de desplazarse de forma activa y sostenible por sus propios medios.

El triciclo de mano, “hand bike” o “hand cycle” es su alternativa.

A grandes trazos, presenta dos variantes: la de movimiento síncrono y la de asíncrono, en función de que las dos bielas estén en posición paralela, moviéndose siempre en el mismo punto de la circunferencia que describen, o que, al igual que las bielas de las bicicletas convencionales, estén montadas con un desplazamiento de 180º una respecto a otra.

Ese detalle no es baladí. Cambia radicalmente la participación de grupos musculares en el esfuerzo de mover la cadena cinética que conforman el plato dentado, la cadena de transmisión, el piñón engranado y la rueda.

Por ejemplo: en la máquina con movimiento síncrono la participación de los grupos musculares lumbares resulta ser sustancialmente mayor que en la otra versión, lo que permite personalizar o adaptar la máquina a la capacidad de control del movimiento corporal de quien la tripula.

Utilizar bielas asíncronas genera una mayor rotación y flexión lateral del tronco, mientras que las síncronas exi-



gen fundamentalmente una amplia flexo-extensión del mismo (187).

Precisamente por ello, en personas con un buen control de la posición del tronco, utilizando bielas síncronas, los mejores rendimientos se consiguen cuando se elimina el respaldo del asiento.

Se comprobó realizando esprints de 8 segundos sin respaldo, con uno ajustado a unos 45-50° respecto a la horizontal y con otro a 65-70°, a la máxima intensidad en cada posición y con desarrollos de 44 x 21 y 22 x 21.

Sin respaldo, la posibilidad de realizar los movimientos de flexo-extensión con más amplitud permitía alcanzar mayor velocidad punta, especialmente utilizando el desarrollo más largo (188).

Para analizar desde el punto de vista fisiológico los rendimientos de las bielas síncronas y las asíncronas se montaron ciclos de ambos tipos sobre una cinta sin fin, realizando esfuerzos a velocidades de 1,89 m/s y 2,17 m/s, (6,8 y 7,8 km/h) con pendientes crecientes a razón de 1% cada 3 minutos (189).

El pico máximo de potencia medido resultaba ser mayor con las bielas síncronas: $81,6 \pm 11,8$ vatios frente a $68,5 \pm 10,6$ vatios. Y también la eficiencia mecánica, que era del $12,1 \pm 0,9\%$ en la síncrona y de $9,7 \pm 1,4\%$ con la asíncrona.

En ese y otros estudios se achacaba esa diferencia al esfuerzo muscular extra requerido en la bicicleta asíncrona para equilibrar el tronco y mantener la dirección (190) y a la distinta participación de algunos grupos musculares (191).

Lo cierto es que también otras investigaciones aprecian que con las bielas síncronas las personas paraplégicas consiguen alcanzar mayores cargas de trabajo con menor consumo de oxígeno a esfuerzos de 30, 60 y 90 vatios, y con menor frecuencia cardíaca y lactatemia que utilizando las asíncronas, abundando en la mejor eficacia de aquellas (192).

En otro estudio, que confirmaba la diferente respuesta fisiológica producida por el uso de esos dos modelos de bielas, se analizó también la influencia del ritmo de rotación de las bielas.

Empleando cadencias de 36, 47, 55, 65 y 84 revoluciones por minuto, en todas ellas se apreciaba una mayor eficiencia con las bielas síncronas, apreciando menor impacto fisiológico a igualdad de carga de trabajo (193).

Por otra parte, se encontró que el ritmo más eficaz era el de 47 rpm, elevándose significativamente el gasto de energía en las cadencias más elevadas.

Curiosamente, los ritmos de rotación libremente escogidos no tienen por qué ser los más rentables desde el punto de vista energético (194).

Entrevistas con personas usuarias de esta modalidad de bicicleta añaden una perspectiva no desdeñable en cuanto a criterios para escoger uno u otro modelo de bielas: la facilidad de conducción.

Según su experiencia, conducir en curva el vehículo resulta más sencillo y preciso en el caso de llevar bielas síncronas, por lo que relegan el otro sistema a situaciones muy concretas y distancias de desplazamiento generalmente cortas y de escasa pendiente.

Otro aspecto que también ha sido investigado en este tipo de móviles ha sido el de la longitud idónea de las bielas, comparando unas de 180 con otras de 220 milímetros a dos ritmos de rotación: 70 y 85 rpm (195).

Las mediciones de rendimiento energético muestran que las bielas de 180 mm son sustancialmente más eficientes en ambos ritmos de trabajo que las de 220 mm.

Cuatro en lugar de dos: el esfuerzo de rodar en cuadríciclo

La necesidad de aportar equilibrio a quienes carecen de él, pero desean moverse por sus propios medios, ha llevado al desarrollo de otros vehículos de propulsión humana, como los triciclos y cuadríciclos.

El esfuerzo que exige andar en uno de estos últimos, manteniendo una posición tumbada y sobre una carretera asfaltada y llana ha sido objeto de diversos estudios.

Para mover la máquina debe vencerse la fricción o rozamiento de las ruedas con el suelo y entre sus piezas móviles, así como la resistencia del aire al desplazamiento.

El incremento de peso y del número de ruedas aumentan el coeficiente de rozamiento en un 60% respecto a una bicicleta de competición, mientras el coeficiente aerodinámico, afectado por la mayor área frontal al aire, viene a ser un 20% mayor (196).

A su vez, el rendimiento, con los dos hándicaps citados y medido sobre las distancias de 1, 5 y 10 kilómetros, resulta ser un 8% peor que los de una bicicleta de carrera.



El gasto energético de entrenar sobre rodillo

Utilizar un rodillo para mejorar nuestra capacidad de desplazamiento en bicicleta es lógico cuando la empleamos como elemento deportivo, pero también puede serlo en un uso recreativo, de salud o para aumentar las prestaciones en movilidad sostenible.

De los diversos tipos de rodillo que podemos considerar, una simplificación puede llevarnos a tomar en cuenta aquellos en los que sólo la rueda posterior se apoya sobre cilindros que mueve, y los que tienen ambas ruedas en movimiento simultáneo, unidas mediante una transmisión.

Los modernos disponen de sistemas para endurecer el esfuerzo, simulando la superación de pendientes o la resistencia del aire al avance.

Pero incluso en los más básicos, hay factores que teóricamente pueden modificar la resistencia a la rodadura sobre esos elementos. Se trata de la sección de la cubierta y de la presión a que está inflada.

Comparando neumáticos de 20, 23, 25 y 28 mm de sección se aprecia que los de 20 requieren mucha más energía que el resto y a cualquier presión, tanto si montamos en un rodillo de una como de dos ruedas activas.

En cuanto al efecto de la presión, probada a 552 kPa, 690 kPa y 827 kPa, la regla general es que cuanto menos hinchada está la rueda, más cuesta pedalear.

Y también es apreciable el aumento del gasto que supone pedalear en rodillos con ambas ruedas en movimiento que hacerlo sobre aquellos en que sólo gira la trasera (163).

Manejando esos parámetros podemos intensificar o suavizar el esfuerzo, y modular a nuestro gusto el nivel de exigencia de esa forma de mejora de la aptitud física.





Efecto de las suspensiones en el rendimiento

Algunas de las innovaciones que se añaden al concepto tradicional de la bicicleta tienen como finalidad la mejora del rendimiento, mientras otras se dirigen a la comodidad o a la seguridad.

Sin embargo, es inevitable que algunos de los cambios adoptados produzcan efectos cruzados en varios de esos aspectos.

Tal es el caso de las suspensiones.

Un estudio hecho con bicicletas de montaña comparaba la fatiga muscular, el gasto de energía y el tiempo en realizar varios tipos de recorrido con tres tipos de bicicleta: sin suspensión, con horquilla neumática y con doble suspensión.

Analizando el efecto de esas tres posibilidades en el estrés muscular, mediante la presencia de enzimas como la creatin-kinasa, se veía que 24 horas después de la prueba su concentración era sustancialmente más elevada con la bici rígida que con las que tenían suspensión delantera o doble, dejando claro que aquella es más agresiva para el cuerpo, al menos en recorridos bacheados (197).

En línea con lo anterior, el menor grado de percepción de esfuerzo (RPF) se obtenía con la suspensión en ambos ejes.

También la frecuencia cardíaca resultó superior con la bicicleta tradicional: $153,7 \pm 15,6$ l/min con la rígida, frente a $146,7 \pm 15,4$ con la de horquilla de suspensión y $146,3 \pm 16,2$ l/min con la de doble suspensión.

En cuanto al rendimiento deportivo, el mejor tiempo se obtuvo con la bicicleta que tenía suspensión delantera exclusivamente, siendo similares los de la rígida y la de suspensión delantera y trasera.

En algunos de estos aspectos hay que considerar la influencia del cambio de peso, ya que la horquilla delantera con suspensión lo incrementaba en 0,7 kg, y la doble suspensión, en 2,2 kg.

No se encontraron diferencias significativas en la ventilación o el consumo de oxígeno.

Tal como hemos visto, a cambio de mejorar el confort y la manejabilidad de la bicicleta, llevar suspensiones supone un incremento de la masa de la bicicleta, máxime cuando se utilizan en ambos ejes, y ya hemos descrito cómo afecta el aumento de peso de la bici en el rendimiento físico.

Por otra parte, las inercias generadas durante el pedaleo, especialmente cuando la persona tiene una técnica muy básica, como ocurre con el pedaleo “a pistón”, o cuando realiza movimientos parásitos del tronco, pueden generar oscilaciones o una especie de “flotación” que potencialmente reduciría el rendimiento.

En caso de producirse, la merma afectaría especialmente a las pruebas competitivas de ascenso por terrenos

irregulares de montaña, en las que algunos modelos permiten bloquear a voluntad la suspensión, pero ese problema no interfiere en el uso de la bicicleta como medio de locomoción sostenible, a la vista de los resultados de diversos estudios (198).

Aceptando que los análisis más precisos se aplican a situaciones agonísticas, quienes compiten en pruebas de todo terreno suelen quejarse de que la amortiguación trasera les genera pérdidas de rendimiento.

Éstas pudieran deberse al terreno y/o a la persona que compite y, para conocer mejor las pérdidas ocasionadas por el factor humano, doce ciclistas realizaron varias pruebas contra un cicloergómetro, con cargas de trabajo de entre 50 y 250 vatios y sobre tres tipos de bicicleta: con doble suspensión, de suspensión exclusivamente delantera, o rígida.

Los resultados llegaron a encontrar, como máximo, diferencias de apenas un 3% en el consumo de oxígeno según el tipo de máquina usada, sin que la cifra llegara a tener significación estadística en las potencias probadas, que cubrirían sobradamente el uso de la bicicleta como vehículo sostenible (199).

A la vista de esos datos, la elección de uno y otro modelo de bicicleta, en cuanto a la suspensión se refie-

re, no afectaría de forma notable al rendimiento, si exceptuamos las implicaciones debidas al aumento de peso.

Buscando una situación de uso más real, pero competitiva, otro estudio comparó los gastos de energía de sendas pruebas sobre terreno irregular de monte utilizando bicicletas con suspensión delantera o doble.

La diferencia de peso entre ambas, debida a la suspensión trasera, era de dos kilos.

El consumo de oxígeno, la frecuencia cardiaca y la percepción de esfuerzo fueron similares con ambas opciones, pero la bicicleta de suspensión delantera exclusivamente resultó ser significativamente más rápida, tanto en los ascensos como en el conjunto del circuito (200).

Por si sus ventajas se dieran exclusivamente en terrenos irregulares, también se han comparado las opciones de usar suspensión doble o sólo delantera en terreno asfaltado y con cierta pendiente, no encontrándose diferencias significativas entre ellas (201).

En el uso de la bicicleta como vehículo de movilidad sostenible y activa, el criterio de selección en cuanto a suspensiones se refiere debiera ser la comodidad.



Bielas y platos especiales

El hecho de que el esfuerzo muscular se aplique para el movimiento a través de la suela del calzado y del pedal sobre las bielas, otorga a éstas una especial importancia, como brazo de palanca que constituyen.

Ya hemos descrito que durante el ciclo del pedaleo se consideran varias fases, en función de la posición de las bielas respecto a quien las mueve.

Y también que los músculos implicados en cada fase son diferentes, y su participación relativa al avance varía en gran medida.

El momento más eficaz en ese giro de 360°, aquél en que la aplicación de la fuerza obtiene el mejor rendimiento mecánico, tiene lugar cuando el ángulo que forma esa fuerza con la biela es de 90°.

Y las leyes de la física dejan claro que a mayor longitud de biela, más fácil será vencer la resistencia al desplazamiento.

Pero una longitud excesiva generaría ángulos de movimiento articular excesivo, por lo que ese parámetro, en general, se escoge tomando en consideración la longitud del fémur de cada persona.

Analizando la influencia que tiene la longitud de la biela en la potencia máxima, ritmo óptimo de pedaleo y velocidad de rotación idónea de los pedales, un grupo de ciclistas con experiencia y entrenados realizaron varios test con longitudes de biela de 120, 145, 170, 195 y 220 milímetros (202).

La menor potencia fue conseguida con las bielas de 220 mm, siendo de 1.149 W, mientras la más elevada era de 1.194 W y se obtuvo con las de 145 mm.

De hecho, las bielas de 145 y las de 170 mm obtuvieron resultados significativamente mejores que las de 120 y 220 mm.

Respecto al máximo ritmo de pedaleo, cuanto más largas eran las bielas, más lento era su ritmo de rotación, yendo de un máximo de 136 rpm con las de 120 mm hasta las 110 rpm con las de 220 mm.

Relacionando los datos mecánicos con medidas antropométricas de los ciclistas, se llegó a la conclusión de que la longitud óptima de la biela viene a ser de un 20% de la longitud de la pierna o un 41% de la de la tibia, resultando que las de 170 mm son las que mejor se adaptan al común de las personas adultas.

En la búsqueda de un equilibrio entre la longitud más eficaz y los movimientos articulares tolerables, una de las líneas de trabajo seguidas para mejorar el rendimiento ha sido la de desarrollar sistemas que permiten variar la longitud eficaz de la biela en función del momento de recorrido en que se encuentra.

La fuerza motriz aplicada a la rueda trasera (F_m) es:

$$F_m = \frac{F_p \times L_b \times R_p}{R_c \times R_r}$$

Siendo F_p la fuerza aplicada al pedal, L_b la longitud de la biela, R_p el radio del piñón montado en dicha rueda, R_c el radio de la “catalina” o “plato”, y R_r el radio de la rueda posterior.

Está claro entonces que una mayor longitud de biela incrementa la fuerza motriz, y los sistemas de bielas de longitud variable facilitan el gesto justo en el rango en que la aplicación de la carga es más eficaz, variando entre sistemas la forma mecánica de lograr ese cambio de longitud y los ángulos en que tiene lugar.

Un prototipo examinado en la antigua Kirol Etxea de la Diputación Foral de Bizkaia, en Bilbao, en 1988, previo a la aparición de modelos comercializados, presentaba un alargamiento de 24 mm de la biela cuando estaba 90° hacia adelante, paralela al suelo (203).

Probado por 17 ciclistas varones de categorías Juvenil y Aficionado, esta modificación no mostraba ventajas de rendimiento respecto a las bielas tradicionales cuando era tomado el grupo en conjunto.

Pero cuando se dividía el colectivo en función de su técnica de pedaleo: “a pistón” o “redondo”, quedaba de manifiesto que aquellas personas que aplicaban su fuerza justo y casi exclusivamente durante el descenso de la biela (pedaleo “a pistón”) obtenían beneficios utilizando esa innovación, mientras quienes aplicaban fuerza también en la fase ascendente del pedaleo (“redondo”) resultaban perjudicados.

Para comprender tal resultado conviene establecer que el cambio de longitud era obtenido mediante una excentricidad del eje pedalier, reduciendo en la fase de ascenso la longitud que se alargaba en la de descenso.

La citada reducción añadía dificultad al ya desfavorable trabajo de los músculos de la parte posterior del muslo que, en el caso de los ciclistas de pedaleo más técnico, no era suficientemente compensada por la facilitación del descenso.

En cambio, los que fundamentaban su propulsión en aplicar presión casi exclusivamente en la posición anterior de la biela, se beneficiaban de su mayor longitud de palanca, pero no sufrían la desventaja en la posterior, al no aplicar esfuerzo en ella.



Similares resultados obtenían otros sistemas que partían del mismo principio: incrementar la longitud de la biela en los ángulos más favorables y reducirla durante el ascenso; en la denominada fase III.

Zamparo y colaboradores (204) no encontraban ventajas energéticas entre utilizar su diseño excéntrico o unas bielas convencionales, al menos en cargas iguales o inferiores a los 200 W.

Sin embargo, entre 250 y 300 W se apreciaba un consumo de oxígeno ligeramente inferior y una eficiencia un 2% mejor.

Realmente, la ventaja no sería apreciable en el uso de la bicicleta como vehículo de desplazamiento sostenible, puesto que llegar a esas cargas de trabajo sería totalmente excepcional.

De nuevo ocurre que la aplicación de ese diseño se dirigiría hacia el ciclismo de competición, en cuyo caso, cabía esperar una ventaja excepcional: recorrer 1 km más en una hora de esfuerzo agonístico.

Para confirmar la mejoría que parece apreciarse en esfuerzos muy intensos, Hue y colaboradores (205) probaron a combinar un plato excéntrico con un juego de bielas de longitud variable y lo compararon con el mismo juego de bielas montado sobre un plato circular convencional.

Las bielas presentaban una longitud, habitual, de 175 mm en las posiciones de 0° y 180°, pero aumentaban

progresivamente hasta los 200 mm al llegar a 90° y disminuían de forma igualmente paulatina hasta los 150 mm en su posición de 270°.

Las pruebas se hicieron rodando 1 kilómetro a la máxima intensidad de esfuerzo.

Y a pesar de no encontrar diferencias significativas en los parámetros fisiológicos medidos, con el plato excéntrico ese kilómetro era recorrido en $64,25 \pm 1,05$ segundos, mientras con el convencional el resultado promedio era sustancialmente más lento: $69,08 \pm 1,38$ segundos ($p < 0,004$).

Otra línea de investigación para la mejora del rendimiento fue la de utilizar una catalina excéntrica, fabricada en fibra de carbono, de tal forma que su diámetro o brazo de palanca fuera máximo durante la fase de descenso del pedal.

Comparados diversos datos fisiológicos con los obtenidos utilizando una catalina metálica y de forma convencional, se apreciaba que con la pieza novedosa la velocidad máxima lograda en un test hasta el agotamiento era menor ($39,4 \pm 2,5$ km/h frente a $41,5 \pm 2,9$ km/h, respectivamente), que el mismo trabajo exigía mayor consumo de oxígeno y que se finalizaba la prueba soportando similares valores de lactato en sangre.

Por lo tanto, ese plato excéntrico, a pesar del uso de materiales sofisticados para su fabricación, no aportaba ventajas en cuanto al rendimiento (206).

Ya en un estudio de 1992 se comparaba el rendimiento de una catalina circular frente a tres modalidades de catalinas ovaladas: la Shimano Biopace y dos más en las que la biela era fijada 10° por delante del eje mayor de la elipse, en un caso, y 80° por delante del eje menor, en el otro. En esas dos, el eje mayor y el menor se cruzaban perpendicularmente (207).

El primero de ellos medía 22,9 cm, y el menor, 16,8 cm., con una relación entre ambos de 1,36. Esa forma, a velocidad constante de la cadena, genera cambios de un 27% en la velocidad angular del eje pedalier. En cambio, en el Biopace los dos ejes no son perpendiculares, y su relación de tamaño es de tan sólo 1,09. Esa diferencia hace que las variaciones de velocidad angular del eje sean de apenas un 8%.

Analizado el impacto de esos cambios mecánicos en el consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca o lactatemia de un grupo de ciclistas, no se encontró ninguno significativo, luego la eficiencia bruta no mejoraba al adoptar esas modificaciones técnicas en lugar de la tradicional catalina circular.

Pero la inquietud científica, que es un poderoso motor, buscó otras opciones.

Visualizamos la forma en que el esfuerzo humano durante el pedaleo se transforma en movimiento, recordaremos que el recorrido circular de los pedales, impulsados por los pies, pasa en cada giro por dos momentos en los que el esfuerzo es totalmente baldío, ineficaz, cuando las bielas están fijadas a 180°.

Se trata de los ya citados “puntos muertos”, en que las bielas quedan alineadas con el vector de aplicación de la fuerza muscular.

El ingenio, aplicado al progreso de la bicicleta, ha buscado una forma de reducir o anular esos dos momentos improductivos mediante la ruptura de la unión solidaria entre las dos bielas, de tal forma que, llegado un punto, la superior, en lugar de seguir manteniendo una posición de 180° respecto a la inferior, avance, pierda la linealidad, y pase a ser eficaz bajo la presión del pie.

Ese salto, en los diseños probados, tiene lugar cada vez que se llega a la proximidad del punto muerto superior, y fue probado por 14 hombres sanos, no ciclistas de competición, de unos 26 años de edad, y comparado con unas bielas tradicionales (208).

Curiosamente, el grupo consiguió soportar un mayor tiempo de ejercicio con el sistema de bielas no alineadas ($13,33 \pm 2,30$ minutos frente a $12,89 \pm 2,36$ minutos; $P = 0,032$), pero el consumo de oxígeno máximo no cambió, lo que sugeriría una mayor eficiencia energética con el sistema innovador.

Los autores, en un alarde de sinceridad, argumentaban que no podía excluirse la posibilidad de que la motivación ante lo nuevo hubiera podido influir en el resultado, sugiriendo la necesidad de nuevas comprobaciones.

Otro análisis realizado en 2009 con 12 ciclistas utilizando un pedalier o cigüeñal normal frente al modelo denominado “Rotor”, con esta innovación, afirmaba no encontrar diferencias en la potencia, cadencia, frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno y eficiencia entre ambos sistemas (209), arrojando dudas sobre su utilidad tras seis semanas de adaptación al mismo.

Como se aprecia, la aparente simplicidad de este juguete y medio de locomoción que es la bicicleta es solo eso: aparente.

Y quien no sea consciente de ello, puede pagarlo con su salud, o con un cansancio extra.

Los pedales, sus variantes y ajuste

El apoyo de los pies sobre los pedales, a través del calzado, es lo que permite transmitir las fuerzas generadas por las tensiones musculares hasta las bielas, platos, cadena, piñones y, a través del eje y los radios, a la cubierta posterior.

Se trata por lo tanto de un punto trascendental para el movimiento de la bicicleta.

Su evolución tecnológica pasa del pedal simple a los que añaden una puntera, para ayudar a situar el pie en el punto más adecuado, pasando por los pedales con rastrales, ya en desuso, que mediante un taco inferior en la suela del calzado y una correa en torno al conjunto, permitían unir solidariamente pie y pedal, y los actuales pedales automáticos, en diversas versiones.

Para estudiar las diferencias entre esos sistemas, uno de los detalles analizados ha sido el de las presiones soportadas por cada zona del pie.

Insertando una plantilla capaz de medir las fuerzas aplicadas en distintas zonas, un estudio del Centro para la Medicina del Deporte y el Ejercicio, de Londres, compara las presiones plantares utilizando un pedal normal y otro automático, calzando en ambos casos el mismo modelo de zapatilla para ciclismo y con una altura de sillín equivalente al 100% de la altura de los trocánteres de 18 personas voluntarias (210).

El tipo de pedal empleado, a igual esfuerzo, modifica de forma significativa la presión en diversas zonas de los pies, como los metatarsianos 1º, 3º y 5º, el 2º y 5º dedos, la mitad externa de cada pie y el centro del talón, que con el pedal libre soportan cargas mayores que con el automático, lo que tendrá implicaciones en la salud del pie.

Desde el punto de vista del rendimiento, y aunque encontramos algunos resultados contradictorios a la hora de comparar el empleo de pedales libres o con rastrales (211), el uso de pedales automáticos parece ser ventajoso frente al de un calzado en apoyo libre, al permitir aplicar una mayor potencia, llegando algún estudio a valorar la ventaja en un 34% en las pruebas de sprint (212).

De hecho, estudios electromiográficos demuestran mejores condiciones de trabajo durante el pedaleo de diversos músculos, como el semitendinoso, semimembranoso, bíceps femoral y gastronemio lateral utilizando fijaciones automáticas (213).

Otra ventaja es que, con el nuevo tipo de pedal, se reduce en un 25% los cambios de aceleración que sufre la bicicleta cada vez que un pie actúa sobre el pedal en las fases de impulsión más favorables, lo que hace que el movimiento lineal de la misma sea más uniforme.

Un aspecto reseñable de la relación entre el pie, el calzado y el pedal es la ubicación del apoyo.

Sin fijaciones, la tendencia más estable es la de apoyar en pedal en el centro del arco plantar del pie, pero ¿qué efectos tendría hacerlo en otras posiciones?

Un estudio analizó la influencia en el consumo de oxígeno de pedalear apoyando el eje del pedal en tres di-

ferentes posiciones: a la altura de la cabeza del primer metatarsiano (posición anterior), a medio camino entre ese punto y la zona posterior del calcáneo (posición posterior) y justo entre esos dos puntos (posición media) (214).

11 ciclistas de competición participaron en la investigación, debiendo pedalear al 90% de su umbral anaeróbico determinado por método ventilatorio, y no se encontraron diferencias significativas de consumo de oxígeno entre las posiciones citadas.

Sin embargo, la experiencia nos dice que la inmensa mayoría de las personas de ese nivel deportivo prefiere pedalear en la primera posición citada o con el apoyo ligeramente más atrás.

El reducido tamaño de la muestra, o la diferente distribución del esfuerzo entre los grupos musculares de la pierna, en función del punto de apoyo, podían explicar esa preferencia.

Por fin, una búsqueda más amplia nos permitió encontrar sendos estudios, fisiológico y mecánico, demostrando que la posición anterior de apoyo, con el eje del pedal en el entorno de la cabeza del primer metatarsiano, permite hacer esfuerzos con menor frecuencia cardiaca y sensación de fatiga que con posiciones más retrasadas (215), así como que en esa posición aumenta la eficiencia mecánica (216).

A medida que el eje del pedal se apoya más hacia atrás en la planta del pie, menor es la participación de la musculatura posterior de la pierna en el esfuerzo. Especialmente en las personas que técnicamente son más eficaces y realizan un pedaleo “redondo”.



Tipos de manillar

Desde todo punto de vista, el manillar es una pieza fundamental de la bicicleta.

No solo por su función de conducción, de la que carecían sus primeros ancestros, como el “celerifere”, de finales del siglo XVIII, sino por ser la pieza que soporta dos de los cinco puntos de apoyo que tenemos con la bici.

Desde el punto de vista de la forma, podemos encontrar muchos modelos, pero trataremos de simplificar el tema diciendo que desde el punto de vista de quien la conduce podemos distinguir entre los manillares que ofrecen una sola posición de agarre y aquellos que permiten varias.

La ventaja de estos últimos es que podemos cambiar la posición corporal y los esfuerzos musculares en función del terreno, de la velocidad o de la fatiga percibida, lo que proporciona comodidad al pedaleo, especialmente en distancias largas.

El manillar habitual en bicicletas de competición en carretera y los de “mariposa” o forma de ocho horizontal y abierto son los dos ejemplos más abundantes.

Frente a esa opción, hay otros modelos de manillar que solo permiten una postura de agarre, lo que hace que sea más importante su correcto ajuste.

Desde los más sencillos, denominados “planos” o “rectos”, consistentes en una barra casi sin forma alguna, hasta los de forma de gran “M”, pasando por dobles alturas, manillares con cuernos y otros redondeados hacia atrás son algunos de los que podemos observar en las calles.

La elección de modelo dependerá del tipo de uso que vayamos a dar a la bicicleta y de nuestra preferencia, sa-



biendo que las sensaciones de control en la conducción, precisión y posición corporal dependerán en buena medida de la decisión tomada.

Los manillares bajos mejoran la aerodinámica, pero fuerzan más la flexión de la columna vertebral y cargan más peso en las manos, mientras los altos permiten una postura más erguida y un mejor control del tráfico, desplazando el peso hacia el apoyo del sillín, pero dificultan los cambios de dirección rápidos.

Queda claro que hay muchas opciones entre las que podemos escoger.

La bicicleta con apoyo eléctrico

Desde el comienzo de su comercialización, las bicicletas que cuentan con motor eléctrico de apoyo han sido una atractiva opción de transporte sostenible.

Sus primeros pasos evolutivos fueron dirigidos a mejorar aspectos de funcionamiento que influyen en la seguridad, como la necesidad de mantener cierto ritmo de pedaleo para obtener la ayuda, la anulación de ésta cuando dejamos de pedalear o al tocar los frenos, y la normativa limitación de su efecto a cierto margen de velocidades, quedando anulado a partir de 25 km/h.

Entre sus aspectos favorables podemos destacar la posibilidad de incorporar muchas personas, de cualidades físicas limitadas, a una forma de movilidad respetuosa con el medio ambiente, que ayuda a reducir la contaminación y facilitar el tráfico. Y esto incluso en lugares con muchas pendientes en su terreno, antes coto exclusivo de la población más deportiva.

Otro beneficio del uso es que el esfuerzo físico necesario para poner en marcha la ayuda de su motor alcanza valores de intensidad moderada, equivalentes a unos 3 a 6 MET o equivalentes metabólicos, lo que es suficiente para generar cambios positivos en la salud.

Dadas las virtudes en ese aspecto, muchas Administraciones favorecen su uso mediante ayudas económicas a la adquisición.

Sin embargo, la incorporación de la bicicleta con asistencia eléctrica a la movilidad sostenible puede tener también sus facetas negativas.

Una de las analizadas ha sido la del comportamiento de quienes la manejan.

Un estudio comparando la actitud de ciclistas con bici convencional y con apoyo eléctrico encontraba similares comportamientos en cuanto al respeto de las señales en los cruces con stop y con semáforos. Pero tan solo un 30% de los analizados cumplían la normativa de tráfico (217).

Igual ocurría en cuanto al respeto de las direcciones de circulación obligatorias, con cerca de un 45% de infracciones en ambos tipos de máquina de desplazamiento.

Sin embargo, en ese estudio, las velocidades medias resultaban ser más altas con bici eléctrica (13,3 Km/h) que con la convencional (10,4 Km/h) en carretera y, a la inversa, algo más bajas en vías verdes (11 Km/h frente a 12,6 Km/h).

La superior velocidad de desplazamiento, que según otros estudios puede pasar de unos 15 km/h a 25 km/h, supone un incremento de los riesgos de accidente y de sus consecuencias respecto a la tradicional bicicleta (218).

Profundicemos ahora en los posibles efectos positivos sobre la salud.

En un trabajo publicado en 2012 se analizan las respuestas de 20 personas frente a un esfuerzo sin ayuda eléctrica, con ayuda ligera y con gran ayuda al pedaleo, a 16 km/h, 21 km/h y a un ritmo libre, que resultó ser de 18,1 km/h de promedio en el grupo (219).

Los resultados mostraban que en todas las velocidades se apreciaba un lógico menor gasto energético cuando intervenía la ayuda eléctrica, pero también que las cifras de esfuerzo eran suficientes para generar mejoras fisiológicas y que, a 21 km/h, tanto sin ayuda como con el nivel ligero de ésta, el esfuerzo exigido era vigoroso, alcanzando o superando los 6 MET.

Por lo tanto, el uso del motor eléctrico disminuye el esfuerzo de rodar, pero hacerlo sigue siendo beneficioso para la salud, pudiendo promocionarse de esa forma la práctica de actividad física.

Otro estudio que incluía exclusivamente mujeres fue más ambicioso en su planteamiento, analizando el trabajo realizado, la velocidad, electromiografía, parámetros cardiovasculares, gasto de energía, percepción de esfuerzo y otros datos.

Las 8 mujeres que tomaban parte debían realizar, con y sin asistencia eléctrica, un recorrido de 9,5 km en terreno variado, con 102 metros de ascenso y pendiente de hasta el 5,8%.

Con la ayuda del motor, los resultados fueron un 29% menores en cuanto a producción de trabajo, los patrones del electromiograma del músculo bíceps femoral, un 49% menores, del vasto lateral, un 33%, el medial, un



37%, y el gastrónemio, un 29%, también inferior; la frecuencia cardíaca, un 29,1 % y el consumo de oxígeno, un 33 % más bajos, mientras que el gasto de energía resultó ser un 36,5 % menor.

También la concentración de lactato en sangre fue más baja con el apoyo eléctrico. Y, sin embargo, la velocidad media en el recorrido fue significativamente mayor (220).

A pesar de esa facilitación, el esfuerzo realizado tenía magnitud suficiente como para mejorar la condición física del grupo, por lo que se consideraba que el uso de bicicletas con apoyo eléctrico podía ser un recurso para persuadir a mujeres sedentarias a hacer ejercicio.

Las bicicletas eléctricas actuales ofrecen diversos grados de asistencia, seleccionables manualmente en función de las necesidades de la persona usuaria.

Y la capacidad de controlar el nivel de esfuerzo ha llegado a permitir que la ayuda dependa del ritmo de pedaleo, con lo que, dentro de ciertos márgenes, andar en bicicleta con asistencia eléctrica puede convertirse en un esfuerzo aeróbico continuo y regulado (221), positivo para la mejora de la salud.

EN SÍNTESIS

- **Para mejorar el rendimiento sobre una bicicleta es habitual centrarse en la reducción de las resistencias aerodinámicas, pero la perspectiva humana, con su forma de utilizar la energía disponible, es igualmente importante.**
- **Durante cada vuelta completa de los pedales intervienen diferentes grupos musculares**, y va cambiando la aplicación de fuerza, distinguiéndose habitualmente cuatro fases y distintas técnicas de pedaleo para superarlas.
- **Para desplazamientos tranquilos, el ritmo de pedaleo más eficaz ronda las 60 pedaladas por minuto**, pero la mayor eficiencia mecánica, importante en competición, se obtiene a unas 100 revoluciones por minuto.
- **Pedalear en posición desde el sillín es más eficaz en pendientes moderadas, pero en pendientes fuertes se aprecia menor sensación de fatiga haciéndolo en pie sobre los pedales**, prefiriendo entonces un menor ritmo de pedaleo, y desarrollo más largo que en posición sentada.
- **Mantener el cuerpo estable sobre la bicicleta requiere muy poca energía**: menos de un 2 % del total cuando el ritmo de pedaleo es bajo y apenas un 0,2 % a ritmo vivo.
- **En carretera, cuanto menor es la presión de inflado de los neumáticos, mayor es su resistencia a la rodadura y gastaremos más energía para movernos a la misma velocidad.**
- **La sección del neumático para asfalto tiene muy poca influencia en la resistencia a la rodadura**, pero la forma de la llanta sí afecta más, por modificar la resistencia aerodinámica.
- **En carretera, un neumático casi liso presenta mucha menor resistencia de rodadura que otro de perfil agresivo, con tacos.**
- **Sobre tierra compactada, el neumático ideal teniendo en cuenta la capacidad de aceleración y frenado debiera ser de poco peso, reducida superficie de rodadura, poca profundidad de dibujo pero alto volumen.**
- **Los estudios de investigación sobre el comportamiento de ruedas de 26 o 29 pulgadas de diámetro no muestran grandes diferencias** entre algunas cualidades, aunque se atribuye mejor agarre, inercia y comportamiento en terreno irregular a las de mayor tamaño.
- **El diseño aerodinámico aplicado al cuadro o a las ruedas muestra mejoras del rendimiento de entre un 5 % y un 7 %**, pero a velocidades superiores a los 40 km/h.
- **Cambiar la posición corporal sobre la bicicleta, adoptando posturas aerodinámicas, es la intervención más sencilla y de mejor resultado para optimizar el rendimiento.**
- **Rodar “a rueda” tras otra bicicleta a 32 km/h reduce el gasto de energía en un 18 %**, y hacerlo tras un coche, a 40 km/h, disminuye ese consumo en un 62 %, aun cuando no sea recomendable hacerlo, por motivos de seguridad.
- **El diseño purista de la bicicleta de piñón fijo exige una buena técnica de pedaleo y coordinación para conseguir un uso seguro.**

- **Dos personas sobre un tándem pueden rodar entre unos 5 km/h y 8 km/h más rápido con el mismo esfuerzo que en una bici convencional.**
- **La bicicleta para pedalear en posición tumbada mejora el rendimiento aerodinámico** y modifica el funcionamiento cardiaco, sin connotaciones negativas.
- **Mover un cicloergómetro exclusivamente con los brazos es más exigente** que hacerlo con los brazos y una pierna o con ambas piernas.
- **En el triciclo impulsado con los brazos hay importantes diferencias de trabajo muscular y control de la posición corporal según el movimiento de las bielas sea síncrono o asíncrono**, como los pedales convencionales. Se consigue mayor potencia y eficacia energética con las síncronas.
- **A cambio de estabilidad, rodar en triciclo o cuadriciclo incrementa en un 60 % el coeficiente de rozamiento**, por el mayor peso y número de ruedas, y el aerodinámico en un 20 % por la mayor superficie frontal.
- **Sobre un rodillo, el uso de neumáticos de menor sección incrementa el esfuerzo necesario para moverlo**, y cuanto menos presión tengan, más costará pedalear, al igual que si ambas ruedas son activas el gasto de energía será mayor que si solo es móvil la trasera.
- **En terreno bacheado, el uso de suspensiones reduce el impacto soportado por la musculatura y la percepción de esfuerzo.** En cuanto al rendimiento, el mejor parece lograrse con la suspensión delantera, pero sin baches, las diferencias son mínimas.
- **La longitud óptima de las bielas es de un 20 % de la longitud de la pierna** o un 41 % de la de la tibia. Para la mayoría de las personas adultas, esa cifra es próxima a los 170 mm.
- **Las bielas de longitud variable, al igual que los platos excéntricos, logran mejoras de rendimiento**, pero a intensidades de esfuerzo no habituales en el uso de la bicicleta como medio de desplazamiento sostenible. Sin embargo, no todos los diseños son eficaces.
- **El uso de pedales automáticos mejora la distribución de las presiones en la planta del pie y el rendimiento en aceleraciones**, así como el trabajo de diversos músculos respecto al uso de pedales convencionales.
- **El mejor ajuste es con el eje del pedal ubicado a la altura de la cabeza del primer hueso metatarsiano.**
- **Los manillares “multiposición” ofrecen más opciones de adaptación a cada persona y situación de uso de la bicicleta.**
- **La bicicleta con apoyo eléctrico permite acceder a este tipo de movilidad sostenible a personas con reducida capacidad física o habitantes de zonas con grandes desniveles.**
- **La mayor velocidad media de desplazamiento con bici eléctrica incrementa el riesgo de accidente y su gravedad.**
- **A pesar de la ayuda del motor eléctrico, el esfuerzo necesario para rodar, incluso a velocidad baja, es suficiente para generar mejoras en la salud de las personas usuarias.**



BICICLETA Y MOVILIDAD SOSTENIBLE



La bicicleta como medio de desplazamiento activo y sostenible

Tras caminar, la bicicleta es el medio de desplazamiento más utilizado en el mundo.

Sin duda, andar es la forma natural de moverse para el ser humano, pero desde diversos puntos de vista, la bicicleta tiene cualidades que la convierten en una alternativa de transporte realmente atractiva frente a otras opciones.

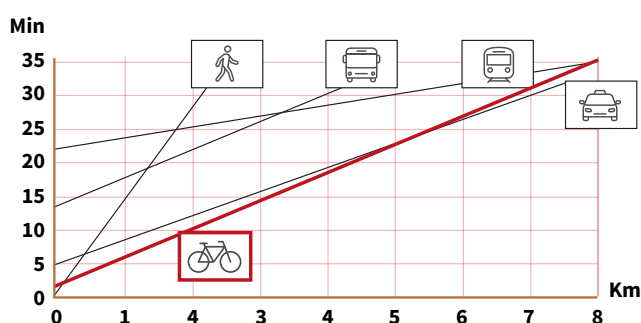
Una de ellas, no desdeñable en periodos de crisis económica, es su mucho menor coste de adquisición respecto a los vehículos a motor.

Por otra parte, el proceso de aprendizaje de su uso no es particularmente difícil, se realiza desde la infancia e incluso suele ser un hito vital. La rotunda afirmación de “¡ya se andar en bicicleta!” supone un ascenso en el escalafón social a temprana edad.

La inexistencia de permisos o carnets oficiales obligatorios para conducirla también ayuda al uso masivo de la bicicleta, al abaratar y simplificar el acceso a la misma.

Además, la mayor rapidez en muchos de los desplazamientos urbanos, respecto a vehículos a motor, puede ser un acicate para su utilización en esos entornos.

Dado que los recorridos tipo en tales zonas suelen ser generalmente cortos, y que la bici ha demostrado ser más rápida que los coches en distancias menores de 5 kilómetros, así como tener mayores facilidades de aparcamiento, en muchas ciudades encontramos empresas de reparto y mensajería que incluyen este vehículo en sus flotas.



Cuadro comparativo de las velocidades de desplazamiento en el medio urbano (222).





De hecho, estudios realizados con deportistas de élite demuestran que, con el mismo esfuerzo, en bicicleta se recorren al menos dos veces y media más distancia incluso que corriendo a pie (223). Y andando la ventaja en cuanto a rendimiento es mayor aún.

Para completar la descripción previa de bondades de este vehículo, añadiremos que su impacto positivo sobre la salud de las ciudades, y de quienes las habitan, beneficia de forma especial a las personas que usan la bicicleta de forma regular como forma de desplazamiento.

Frente a la epidemia de sedentarismo desatada en los países económicamente avanzados, con un aumento importante de los índices de obesidad, de las cifras en sangre de glucosa, triglicéridos y colesterol, de la diabetes tipo II y de la morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares, usar de forma regular un medio de desplazamiento como la bicicleta puede convertirse en uno de los mejores medicamentos.

Un aspecto que debe tenerse en cuenta es el gran potencial de crecimiento que tiene el empleo de esta añeja máquina en la movilidad sostenible de nuestra sociedad.

La implantación de la bicicleta como medio de desplazamiento es ciertamente diversa, tal como se muestra en <http://www.cityclock.org/urban-cycling-mode-share/#.WYhGAXyjcS>.

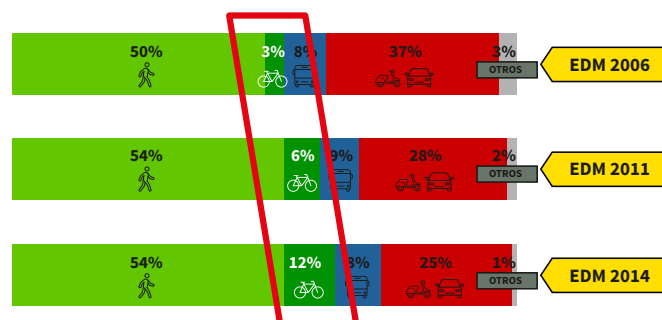
En un entorno próximo, incluso en ciudades en las que aparentemente se prodiga en las calles, como pudieran ser Donostia o Gasteiz, la bicicleta suponía hace unos años porcentajes modestos de los desplazamientos totales: entre un 2% y un 6%, en función de las fuentes.

En otros lugares del Estado, tras desarrollarse políticas de fomento de su uso, o gracias a contar con una meteorología más favorable, como ocurre en Sevilla, las cifras llegaban a ser 3 veces mayores (224).

Según la Encuesta de Movilidad de 2011 realizada por el Gobierno Vasco (225), en la Comunidad Autónoma se producen unos 117.000 desplazamientos diarios en bicicleta, lo que supone casi el 2% del total, duplicando datos de hace 4 años.

En la misma encuesta, pero correspondiente a 2016 (226), el número de desplazamientos diarios en bicicleta realizados en la C.A.V. había ascendido a 147.456, alcanzando el 2,2% del total.

Afortunadamente se aprecia una tendencia alcista en nuestro entorno, tal como vemos en el caso de Vitoria-Gasteiz (80):



*Datos: Encuesta movilidad 2014 TRANSyT

¿Cómo potenciar esta evolución?

¿Qué debe hacerse para que, por ejemplo, ese 30% de la población de Bizkaia dispuesta a cambiar su forma habitual de desplazamiento por la bicicleta lo haga? (221).

Parece necesario, o al menos deseable, coordinar varios tipos de iniciativas y cumplir ciertos requisitos.

El desarrollo de una red de comunicaciones viales diseñada en función del vehículo es una de ellas.

No basta con trazar marcas de pintura sobre estructuras viales inicialmente pensadas para peatones o para vehículos a motor.



La diferencia de patrón de movimiento y velocidad entre esos elementos, obligados a compartir espacios, crea frecuentes y graves riesgos de accidente.

Las iniciativas de alquiler de bicicletas urbanas constituyen otra forma de impulsar este tipo de movilidad, porque hacen innecesario adquirir una o contar con un lugar propio en el que guardarla.

Quienes gestionan estos servicios saben que una buena distribución geográfica de los puntos de recogida favorece el uso regular de la bicicleta, teniendo en cuenta los itinerarios más habituales y los grupos sociales más predispuestos a utilizarla.

Por ejemplo, en Sevilla, la población estudiantil constituye el 12% del total de habitantes, pero realiza, aproximadamente, el 26% de todos los desplazamientos en bici (224), luego la proximidad a centros educativos parece ser deseable.

Otra de las preocupaciones de quien emplea la bicicleta regularmente es la seguridad frente al hurto.

En ese aspecto, contar con aparcamientos específicos, dotados de medios de seguridad adecuados al vehículo que guardan, sería un buen impulso.

De igual manera, la formación a edades tempranas sobre las normas de circulación y convivencia con personas y otros vehículos, hasta conseguir el nivel alcanzado en países de larga tradición, favorecería la implantación y crecimiento del uso de la bici como medio de desplazamiento activo y sostenible.

Sobre todos estos aspectos profundizaremos más adelante.

Iniciativas y entornos para el fomento del uso regular de la bicicleta

La sociedad presenta siempre inercias al cambio, incluso si éste es “a mejor”.

La relación establecida entre el uso de la bicicleta y la mejora de la salud es un acicate más para promocionarla como elemento de transporte sostenible y, además, saludable.

Entre 2006 y 2012 se realizó un estudio en las 48 ciudades más grandes de Estados Unidos, correlacionando la existencia de campañas de promoción del uso de la bicicleta y la prevalencia de sobrepeso u obesidad entre sus habitantes (227).

La conclusión mostraba que aquellas ciudades más activas en la promoción y facilitación del movimiento en bicicleta eran las que tenían menor presencia de habitantes con sobrepeso o con obesidad, destacando que entre las iniciativas se incluían las de crear infraestructuras para acudir en bici al trabajo.

La relación entre las formas de transporte activo, a pie o pedaleando, y los porcentajes de obesidad, considerando ésta un Índice de Masa Corporal superior o igual a 30, fue analizada entre 1994 y 2006 en diversos países de Europa, Norte América y en Australia (228).

De nuevo se apreciaba que los países en que mayor era la presencia de modos activos de transporte tenían menores tasas de obesidad.



La ciudadanía europea andaba a pie claramente más que la de USA, Canadá y Australia, siendo unos 382 km por año de media los que se recorren de este lado del océano, frente a sólo 140 km/año en el otro lado.

También en bicicleta la diferencia era del mismo signo y manifiesta: 188 km/año frente a 40 km/año.

El estudio no podía afirmar que la menor tasa de obesidad fuera debida al uso del transporte activo, pero sí sugerir que éste favorecía el beneficio sanitario y podía ser uno de los factores de las diferencias internacionales apreciadas en cuanto a índices de obesidad.

Es preciso, por lo tanto, crear las condiciones adecuadas para que el uso de la bicicleta como medio de desplazamiento sea un hábito.

Pero el diseño y programación de acciones para favorecer esa actitud no puede ser homogéneo, puesto que se dirige a una sociedad que tampoco lo es.

En Brooklyn, en un vecindario de bajos ingresos económicos, durante el verano de 2009, se analizó mediante cámaras el uso de los carriles bici de 4 calles durante 40 horas, y se procedió a realizar encuestas a 1282 ciclistas.

Su perfil era masculino en un 80% de los casos, con un 45,5% de blancos, el 61,3% de peso normal o bajo y el 64,8% cumplía con los niveles diarios de actividad física recomendados.

Cuando se comparó estos datos con los del conjunto de población del barrio se apreció que quienes utilizaban de forma regular la bicicleta en sus desplazamientos tenían mejor salud y mejores hábitos de actividad física.

En las 40 horas del estudio se pudo apreciar también que casi un 10% de quienes conducían vehículos a motor circulaba ocupando el carril bici y que durante el 9,6% del tiempo de observación algún coche lo bloqueaba por estar mal aparcado.

La conclusión planteaba entonces la oportunidad de mejorar las infraestructuras ciclables de Brooklyn para incrementar su uso y mejorar con ello la salud en la zona (229).

Por cierto que la ocupación de los carriles bici es un problema generalizado, y en el “Observatorio de la Bicicleta. Memoria 2017” publicado por Bizikleteroak también se cita como una de las denuncias más habituales, en este caso, en Gasteiz (230).

En Nueva Gales del Sur, concretamente en la región metropolitana de Sydney, se analizó la práctica del transporte activo para ir al trabajo (a pie o en bicicleta) entre 2001 y 2011, relacionándola con el nivel sociocultural, la disponibilidad de vehículos a motor o el carácter más rural o urbano de la zona.

En conjunto, se apreció en esos 10 años un incremento del 6,8% de los desplazamientos activos, siendo las personas más implicadas las de áreas rurales, con menores tasas de vehículos a motor y de alto nivel socioeconómico (231).

También el aspecto de género presenta diferencias en cuanto al uso de la bicicleta.

Las motivaciones no son iguales para utilizarla en la recreación o competición que para usarla como medio de transporte.



1862 ciclistas de ambos géneros, de Queensland (Australia) cumplimentaron encuestas sobre los fines y motivaciones del uso de la bici, sobre aspectos sociales y ambientales, y sobre las limitaciones percibidas (232).

Se aprecia en las respuestas que los hombres eran más propensos que las mujeres a su empleo, tanto con fin recreativo como de transporte.

En cuanto al terreno de uso, ellos prefieren la carretera, mientras ellas optan mayoritariamente por itinerarios fuera de carretera. Pero en ambos géneros se rechazan los itinerarios sin carril bici.

Respecto a la motivación para el uso, los argumentos mayoritarios se centran en la salud y el divertimento, en los dos géneros, pero las mujeres añaden factores como la motivación social o la sensibilidad medioambiental.

Y atendiendo a las limitaciones, tanto ellas como ellos citan las condiciones del tráfico y los problemas de seguridad con los vehículos a motor. Además, las mujeres refieren otros detalles del entorno, como pudiera ser la percepción subjetiva de seguridad y factores personales.

Esas diferencias en función del género también deben ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar campañas para incentivar el uso de la bicicleta.

Otra forma de fomentar este medio de desplazamiento sostenible es la implantación de los servicios públicos de alquiler.

En Valencia, entre 2010 y 2011, se realizó una sesión de promoción del uso de las bicicletas de la red municipal en un entorno universitario (233).

173 estudiantes con una media de $21,3 \pm 3,06$ años, de los que el 68,2% eran mujeres, acudió a la misma y un 14,6 % pasó del estado de contemplación del cambio al de acción, utilizando la bici en sus desplazamientos.

Pasados 8 meses, volvió a estudiarse el grupo, constatando que un 19% de él seguía siendo usuario del servicio municipal de alquiler de bicicletas.

Pero el cambio de comportamiento no fue homogéneo. Por ejemplo, aquellas personas que tenían acceso previo al uso de coche o de moto no cambiaron su actitud, al igual que aquellas cuyo desplazamiento potencial superaba los 5 km de distancia o quienes tenían el estacionamiento de bicicletas a más de 250 metros de su domicilio.

Esos tres aspectos: disponibilidad de otro medio de transporte, distancia a recorrer y proximidad al punto de disponibilidad de bicicletas, parecen ser cruciales para lograr el éxito de las iniciativas.

Aunque hay más factores a considerar.

Al menos eso se desprende del estudio realizado entre 166 ciclistas habituales mayores de edad de Portland, Oregón.

Se instrumentalizaron sus recorridos apreciando que el 60% realizaba más de 150 minutos de desplazamiento semanal en bicicleta.

Gracias al posicionamiento por GPS, también se pudo comprobar que la mayoría de los recorridos se hacían por carriles para bici, paseos o lugares separados del tráfico de vehículos a motor (234).

Esto nos da una idea de la importancia de las infraestructuras en la promoción de la bicicleta como transporte sostenible.

Abundando en el tema, un amplio estudio realizado en la zona metropolitana de Vancouver, Canadá, con 1902 personas y 3280 viajes realizados, analizaba los criterios que seguían para elegir el desplazamiento en bicicleta o en coche (235).

El entorno urbano, tomando en consideración el lugar de origen y final de los viajes, así como las características físicas del recorrido, las conexiones entre rutas, la densidad de tráfico o la existencia de itinerarios específicos para bici fueron algunos de los aspectos estudiados en relación con el modo de transporte elegido.

El 31% de los movimientos fueron realizados en bicicleta, y los factores que más favorecían su uso eran la escasez de pendientes y de autopistas, la abundancia de cruces, de señalización para bicicletas, de barrios comerciales, industriales o con instituciones docentes y zonas con alta densidad de población y tráfico tranquilo.

Y esos aspectos llegaban a influir en la decisión de usar o no la bicicleta más que las características del origen o el destino del desplazamiento, poniendo de manifiesto la gran importancia de las cualidades de la ruta respecto a otras posibles consideraciones.

Teniendo lo anterior en cuenta, ¿qué políticas pueden ser exitosas para incrementar el uso de la bicicleta en los desplazamientos?

Una revisión estudió diversas iniciativas internacionales, descritas en 139 estudios, y dirigidas hacia la adecuación de las infraestructuras, a la integración de uso de la bici en combinación con el transporte público, campañas educativas y publicitarias, programas para facilitar el acceso a la bicicleta y disposiciones legales.

Cribados los datos, se apreció que las 14 ciudades que habían aplicado iniciativas integrales, tomando en consideración varios de los enfoques citados, habían conseguido sustanciales aumentos en el número de viajes realizados en bicicleta y en la proporción de personas usuarias de la misma (236).

La provisión de infraestructuras especialmente dedicadas a este vehículo, programas de promoción, planificación del uso de suelo y restricciones al empleo del automóvil son algunas de las acciones que, combinadas, han demostrado su eficacia.

Un ejemplo es la creación en 2018, en Copenhague de un aparcamiento subterráneo para 870 bicicletas, en la estación de Lyngby. En su diseño se ha tenido en cuen-



ta la instalación de puntos de aire a presión y de tomas eléctricas, para la recarga de las bicis.

Respecto a su ubicación, la proximidad a líneas de tren y autobús favorece el uso combinado de ambos elementos de transporte, tal como parece haber entendido el ferrocarril estatal danés, que se ha hecho cargo del costo de la obra.

Y algo similar cabe esperar de iniciativas, como la de Rodalies de València, que son los ferrocarriles de cercanías de la ciudad, que cuentan en algunas de sus líneas con espacios destinados al transporte de bicicletas en zonas adaptadas para ello de sus vagones (237).

Un buen trabajo de Vuori (238) revisa ciertas intervenciones de promoción del uso de la bicicleta en el transporte cotidiano. En todos los casos se trata de estudios con grupo de control, con análisis previo y posterior a la iniciativa y demás garantías de validez científica.

Veamos algunos de ellos.

Un asesoramiento e incentivos personales dirigidos a mujeres suecas con obesidad abdominal demostraron que el grupo sobre el que se había trabajado andaba en bicicleta más que el de control, rodando por encima de 2 km al día, aunque en 18 meses no consiguieron reducir su perímetro de cintura.

En Texas se analizó un programa de rutas seguras para acudir en bici a las escuelas, combinando actividades educativas y de promoción para estudiantes y sus familias.

Seis meses después no existía diferencia en el uso de la bicicleta como forma de desplazamiento entre las escuelas intervenidas y las de control, aunque sí había crecido en las primeras el ciclismo recreativo en 2,54 días por semana.

En el municipio holandés de Delft se mejoró la conectividad con los transportes de un barrio, y 3 años después, los viajes en bicicleta habían crecido desde el 40 al 43%, mientras en otro de los barrios, sin esa mejora, cambió tan solo del 38 al 39% en el mismo periodo de tiempo.

Y lo mismo se consiguió en Odense, Dinamarca, mediante una mejora de las infraestructuras y una campaña de promoción: en 3 años, los viajes en bicicleta por la zona afectada crecieron un 3,4%.

Un estudio de Australia analizó el comportamiento en cuanto al transporte en un área de población tras una campaña de formación sobre la bicicleta y un préstamo gratuito de la misma para circular por los carriles bici de la zona, consiguiendo en dos años un aumento del 5,1% en la cifra de personas usuarias y un 7,9% en la de usos de las bicis respecto a otra zona de control.

Otro análisis, realizado en este caso en ciudades inglesas, relacionaba las campañas de promoción en medios

de comunicación, la mejora de servicios para ciclistas y la de las infraestructuras con un incremento en el uso de la bicicleta respecto a ciudades similares que no habían actuado en esa línea, consiguiendo además que la población inactiva bajara en las primeras un 2,6%.

Por lo tanto, los programas que combinan la actuación sobre las personas y los colectivos con mejoras de las infraestructuras logran ligeros aumentos del uso de la bicicleta como medio de transporte, pero otros apoyos parecen ser necesarios para mejorarlo de forma sustancial y sostenida.

Debemos reconocer la existencia de las ya citadas inercias frente al cambio de actitud respecto al modo de transporte.

Para analizar motivaciones, se recurrió a estudiar las de personas que de forma obligada habían cambiado su lugar de residencia, de trabajo o ambos entre 2009 y 2010 en el entorno de Cambridge, en el Reino Unido.

Debido a su cambio de situación, se veían en la obligación de tomar decisiones nuevas en cuanto al transporte para acudir al trabajo.

La muestra, de pequeño tamaño (tenía solo 26 personas), dejaba claro que la motivación para utilizar un medio de transporte activo, como andar o ir en bicicleta, u otras alternativas, se basa en criterios como la conveniencia, comodidad, enlaces con el transporte público, aparcamientos cercanos al mismo, velocidad, coste y fiabilidad del modo de desplazamiento.

Conviene recalcar que las posibles mejoras de la salud debidas al uso del transporte activo no suelen ser contempladas inicialmente como criterio importante en la decisión, aunque sí tomadas en cuenta una vez puesta en práctica la decisión de optar por esos medios de desplazamiento para dirigirse al lugar de trabajo (239).

En Londres, entre julio de 2010 y marzo de 2011 se analizó el uso de la red pública de alquiler de bicicletas en función del género y del nivel social del barrio en que eran utilizadas (240).

100.801 personas fueron registradas realizando un total de 2 millones y medio de desplazamientos. En su descripción se apreciaba que la mayoría de las personas usuarias eran hombres y que las mujeres hacían menos de la quinta parte de todos los viajes.

También parecía apreciarse que la gente de los barrios económicamente mejor considerados, aparentemente, utilizaban más la bici, pero cuando se ajustó ese resultado en función de su proximidad a los aparcamientos, se comprobó que eran los de zonas desfavorecidas los



que utilizaban las bicicletas de forma más asidua, con lo que debía plantearse la aproximación a ellas de futuras instalaciones de bicicletas municipales de alquiler.

El papel de las infraestructuras en el uso de la bicicleta como medio de transporte tiene una especial incidencia en el caso de las mujeres usuarias.

Un amplio trabajo sobre 5229 hombres y 1360 mujeres, en Melbourne, en un radio de 7,4 Km del centro de negocios, dejaba clara la preferencia femenina por el uso de caminos específicos para bicicletas, separados del tráfico de vehículos a motor, lo que debe ser tenido en cuenta si se quiere incorporar ese colectivo al transporte sostenible (241).

¿Qué ocurre en nuestro entorno próximo?

Si atendemos a la distribución de los 77.800 desplazamientos diarios en bicicleta en las tres capitales de la CAV contabilizados en 2011, vemos que 54.379 tenían lugar en Vitoria-Gasteiz, 18.943 en Donostia-San Sebastián, y 4.487 en Bilbao.

Tal como se aprecia, las cifras están inversamente relacionadas con sus respectivas poblaciones.

Pero si buscamos el motivo, veremos que en aquella fecha, los kilómetros de vías ciclables disponibles en cada una de esas ciudades era de 98 km en la capital alavesa, 43,1 km en la guipuzcoana y 26 km en la Bizkaína (225), lo que sí explica el uso relativo de la bicicleta en aquellas fechas.

En 2019, Bilbao contaba con 41 km de bidegorris, 21 de ellos, compartidos con otros vehículos (242), y algunos

de los sistemas de aforo instalados habían registrado el paso de hasta 158.239 bicicletas, en el mes de julio de ese año (242).

Hay otra línea de trabajo a investigar para mejorar la cantidad y seguridad de uso de la bicicleta, y es la organización de ciclistas en asociaciones, sindicatos o “lobbys”.

Un ejemplo es la Fietzersbond, afincada en Países Bajos, con más de 23.000 integrantes y centenares de personas voluntarias, consiguen ejercer presión y visibilizar las necesidades de este vehículo (243).

La unión de tanta gente confiere una importante capacidad para influir en las decisiones técnicas, tomadas por cargos políticos, como la creación de nuevos carriles bici, separación eficaz del tráfico de vehículos a motor, habilitación de aparcamientos adecuados y seguros, diseño de incentivos fiscales o la adaptación de la normativa de tráfico para mejor uso de la bicicleta.

En nuestro entorno próximo, asociaciones como Kalapié (244), nacida en 1989 en Donostia-San Sebastián, Biziz Bizi, en Bilbao desde 1993, Bizikleteroak, de Vitoria – Gasteiz, inscrita en 1999, la Asociación de Medios de Transporte Saludables, en Iruña-Pamplona desde 2006, ofrecen un intenso y variado programa de actividades que comienza desde la base, ofreciendo cursos para aprender a andar en bicicleta, y llega a la investigación en temas relacionados con la defensa de la bicicleta.

Sumando esfuerzos, la Coordinadora en defensa de la bici – ConBici, agrupa a 61 asociaciones del Estado.



Congresos, encuentros, premios, publicaciones y otras iniciativas aparecen en su catálogo de actividades, declarando como líneas de su trabajo actual los siguientes objetivos:

- incremento de la capacidad de influencia en la definición de políticas de promoción de la bicicleta ante las administraciones,
- impulso de acciones concretas para la mejora de las condiciones de los y las ciclistas,
- promoción y dinamización de campañas de difusión y reivindicación, y
- creación de alianzas estratégicas con otros movimientos sociales y entidades públicas y privadas.

¿Qué hacer para mejorar la seguridad andando en bicicleta?

Uno de los obstáculos que la bicicleta tiene para lograr una mayor expansión es la percepción de riesgo de accidente que la envuelve.

Ya, cerca de sus orígenes, citábamos el nacimiento de la “safety byke” como respuesta a los frecuentes percances con modelos anteriores.

La posibilidad de accidentarse por errores personales de conducción, por defectos del terreno, por colisión con

peatones, animales, otras bicicletas o, lo que puede tener consecuencias más severas: por impacto con vehículos a motor, hace que muchas personas sientan más temor que atracción por este medio de transporte activo y sostenible.

Si vamos a promocionar su uso, debemos hacer que los beneficios esperados sean superiores a los riesgos percibidos.

¿Cómo se puede incrementar la seguridad?

Un estudio realizado en Australia (245) muestra que cuanto mayor es la cifra de personas que usan la bicicleta en una región, mayor es su seguridad.

Cuantificando esa afirmación, en registros de la década de 1980 encontraban que cuando el número de ciclistas se duplicaba, el riesgo de sufrir accidentes graves se reducía en un 34%.

La tasa de hospitalizaciones por cada 10.000 ciclistas habituales, por ejemplo, también descendía de 29 a 15, y la de muertes o lesiones severas, de 5,6 a 3,8 por 10.000.

Sin embargo, cuando en el Estado de Victoria se implantó la obligatoriedad de llevar casco, la población ciclista se redujo en un 30%, generando un aumento del riesgo de sufrir lesiones graves que, a juicio del autor del estudio, podía ser superior a los beneficios aportados por el uso de ese importante elemento de protección.

De hecho, la reducción de la cantidad de ciclistas a la mitad supondría un incremento del riesgo de accidente por kilómetro recorrido de un 52%.

Esta paradoja debe hacernos dudar de la eficacia real, evidente desde un punto de vista teórico, de algunas decisiones normativas.

Una cantidad mayor de personas desplazándose en bicicleta pudiera sugerirnos un mayor riesgo de accidente de peatones y ciclistas con vehículos a motor, pero en tres análisis de colisiones en cruces se encontraba una relación no directa, como cabía esperar, sino inversa, entre ambos factores, de forma que la tasa de choques en intersecciones disminuía a medida que aumentaba la cantidad de peatones y bicicletas circulando (246).

Y es importante reseñar que el estudio afirmaba que esa conclusión era válida para pueblos y ciudades de distintos tamaños y países.

A la hora de explicar el paradójico resultado, parece ser que era el comportamiento de las personas a bordo de vehículos a motor el que cambiaba, ajustándose en función del volumen de gente percibido andando a pie o en bicicleta.

En diversas investigaciones queda de manifiesto que uno de los aspectos que tiene relación directa con la seguridad en el uso de la bicicleta como elemento de transporte activo es la disponibilidad de carriles específicamente diseñados para ella.

De poco sirve que sea una forma saludable y sostenible de desplazarse, si no conseguimos que sea percibida, también, como una forma segura.

Y en las ciudades más concienciadas de sus ventajas es habitual encontrar una alta densidad de carriles-bici, distribuidos por las principales calles.

El análisis de los riesgos en estas infraestructuras demuestra que las más seguras son aquellas de un solo sentido de circulación, separadas del tráfico de vehículos a motor y con especial atención al tratamiento de las intersecciones (247).

De esa forma se reduce el número de colisiones y la gravedad de sus consecuencias.



Infraestructuras viales, bicicletas y riesgo

En una revisión de 23 artículos sobre las infraestructuras de transporte y el riesgo para las bicicletas se analizan los accidentes en dos tipos de situaciones: los cruces o rotondas y los tramos rectos (248).

En las rotondas con varios carriles el riesgo aumenta significativamente para ciclistas, excepto en los casos en que están dotadas de un carril-bici separado.

Por otra parte, las aceras y caminos de uso compartido con peatones también suponen un incremento del riesgo, de la misma forma que las carreteras importantes son más peligrosas que las secundarias.

Sin embargo, los recorridos con instalaciones específicas para la bici se asocian con un menor riesgo, al igual que las superficies bien pavimentadas, las de bordes rebajados y las que cuentan con alumbrado, como cabía esperar.

En Nueva Gales del Sur se analizaron los accidentes sufridos por un colectivo de 2038 ciclistas que daban a la bicicleta un uso tanto recreativo como de transporte, a partes iguales (249).

En 25.971 días de actividad fueron registrados 198 accidentes, siendo la mitad caídas y la otra mitad colisiones.

La tasa global de accidentes resultaba ser de 0,29 por cada 1000 kilómetros recorridos, y ninguno de ellos requirió ingreso hospitalario.

Al analizar la distribución de los percances sufridos se apreciaba que eran proporcionalmente más frecuentes en mujeres que en hombres, en personas de menor experiencia y que circulaban por motivos de transporte.

Pero una conclusión importante del análisis era que la separación básica, con líneas, del tráfico de vehículos a motor no servía, por sí misma, para garantizar un rodar seguro.

Las bicicletas, al moverse, están sometidas a leyes físicas que deben ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar sus vías de comunicación. De otra forma, estaremos ante una fuente de conflictos.

Por ejemplo, desde colectivos ciclistas hay una opinión fundada y desfavorable respecto a los carriles bici en su modalidad bidireccional (250). La peligrosidad de enfrentar móviles inestables en dirección contraria y sin más separación que una línea de pintura es evidente. Máxime cuando la anchura habitual de estos carriles dista mucho de ser generosa.





La Ley 19/2001, de 19 de diciembre, que reforma el texto legal anterior, identifica varios tipos de viales por los que pueden circular bicicletas:

- Vía ciclista: Vía específicamente acondicionada para el tráfico de ciclos, con la señalización horizontal y vertical correspondiente, y cuyo ancho permite el paso seguro de estos vehículos.
- Carril bici: Vía ciclista que discurre adosada a la calzada, en un solo sentido o en doble sentido.
- Carril bici protegido: Carril-bici provisto de elementos laterales que lo separan físicamente del resto de la calzada, así como de la acera.
- Acera-bici: Vía ciclista señalizada sobre la acera.
- Pista-bici: Vía ciclista segregada del tráfico motorizado, con trazado independiente de las carreteras.
- Senda ciclable: Vía para peatones y ciclos, segregada del tráfico motorizado y que discurre por espacios abiertos, parques, jardines o bosques.

Además, administraciones territoriales o municipales reconocen otras figuras, como las ciclocalles, carriles bus-bici o arcones-bici, por ejemplo.

Ante tal variedad de posibilidades, no nos extrañará que una búsqueda sobre la normativa de viales para bicicletas ofrezca numerosos resultados (251) (252) (253).

Sin embargo, quienes ruedan por esos viales muestran una preferencia clara por las vías ciclistas segregadas (254).

Desde algunas agrupaciones de personas usuarias de la bicicleta se califica al libro editado por “Kennisplatform CROW”, en Holanda, con traducciones a varios idiomas,

como “el manual de mayor autoridad en el tema del tráfico ciclista en el mundo” (255).

A lo largo de sus casi 400 páginas se analizan de forma detallada aspectos como la relación entre la bicicleta y el espacio público, el medio ambiente, tráfico y transporte, infraestructuras, licitaciones y contratos y la gestión de procesos de construcción.

Sin duda, se trata de una excelente referencia para facilitar la introducción de la bicicleta como vehículo de transporte sostenible en nuestras ciudades.

También en la CAV encontramos varias obras de interés sobre el tema, como el “Manual-guía práctica sobre el diseño de rutas ciclables” (256), “Muévete con conciencia” (257), “Normativa sobre la circulación en Bicicleta” (258), “La bicicleta como medio de transporte” (259) o “Manual de las vías ciclistas de Gipuzkoa” (260).

Pero además de lo escrito, debemos tener en cuenta la experiencia y el sentido común.

Los robustos árboles que bordeaban las carreteras del Estado, proporcionando sombra y protección frente al viento lateral, fueron progresivamente retirados al comprobar las catastróficas consecuencias de las colisiones que una salida de carretera implicaba.

Y los bolardos que “protegen” los laterales de ciertas vías ciclables, o los abultados resaltes del suelo, deberán acabar desapareciendo, al igual que los soportes desnudos de las biondas en las curvas de la carretera.

La colisión de cualquier móvil contra esos rígidos elementos genera riesgos letales para los seres vivos. Por eso no aparecen en las seguras instalaciones de los circuitos de competición automovilista.



¿Cómo debieran ser las infraestructuras para bicicletas?

Incluso un superficial análisis del uso de esta máquina pone en evidencia muchas de las condiciones deseables.

Por ejemplo, la de contar con un trazado que ahorre energía, dado que ésta proviene de nuestro esfuerzo físico.

La reducción de las pendientes excesivas y de sus cambios bruscos, trazando itinerarios más diagonales, reduciría el gasto frente a itinerarios con subidas y bajadas constantes, que dan lugar a recorridos “rompepiernas”.

Otro aspecto fundamental es la inestabilidad intrínseca de la bicicleta y su sensibilidad al viento, especialmente peligroso cuando afecta lateralmente, bien se deba a la naturaleza o al paso cercano de grandes vehículos.

Contar con márgenes suficientes de anchura de calzada y separación suficiente del tráfico de vehículos a motor reduciría el riesgo por esta causa.

En el mismo sentido, un aprovechamiento adecuado de los perfiles geográficos, de la naturaleza existente y del equipamiento puede aportar cobijo extra al tráfico ciclista frente a las inclemencias.

Respecto al firme de rodadura, el equilibrio debe establecerse entre el que proporcione suficiente adherencia, especialmente en condiciones climáticas adversas, y facilite un tránsito energéticamente eficaz, libre de vibraciones excesivas y sin baches, teniendo en cuenta que no todas las bicicletas cuentan con sistemas de amortiguación.

Para finalizar este repaso elemental, sería deseable que los itinerarios ciclables permitieran rodar en paralelo en ambos sentidos, tanto por seguridad, para un mejor control de jóvenes por parte de sus responsables, como para facilitar la relación social que el uso de este vehículo promueve (255).

Tener en cuenta la vulnerabilidad de quienes tripulan una bicicleta es un requisito básico para cualquier abordaje del tema.



Campañas de prevención de riesgos viales

Además de la implantación de normativas reguladoras del uso de la bici, son abundantes las iniciativas destinadas a mejorar la seguridad de quienes la utilizan en sus desplazamientos o en su ocio.

Pero, ¿son eficaces?

Un estudio realizado en Carolina del Norte relacionaba los accidentes sufridos con vehículos a motor por peatones y ciclistas con la realización de campañas de seguridad y prevención dirigidas a uno u otro grupo (261).

La población del Estado creció desde 7,5 millones hasta 9,45 millones de habitantes entre 1997 y 2009, que es el margen del trabajo.

En ese tiempo se contabilizaron 92 planes de prevención municipales en el Estado, de los que 49 estaban dirigidos a peatones, 34 a ciclistas y 9 combinaban ambos colectivos.

Durante los 13 años, en el caso de peatones, fueron contabilizados 11.795 accidentes no fatales con vehículos a motor, 9.237 de pronóstico reservado y 1075 con resultado de muerte.

El colectivo ciclista, en el mismo lapso temporal, sumó 4.842 eventos no fatales, 3.666 de pronóstico incierto y 134 fallecimientos.

Analizando las fechas de los accidentes en relación con las campañas de seguridad se aprecia que, en el año de puesta en marcha de los planes y en el siguiente, la cantidad de incidentes y muertes sufridos por peatones era significativamente menor que los años en que no se tomaba esa iniciativa.

Por desgracia, no ocurría lo mismo en el caso de quienes usan la bicicleta, quedando de manifiesto la ineficacia de las campañas de seguridad y prevención dirigidas a la población ciclista.

Pudiera ser que ésta sea un elemento pasivo en un alto porcentaje de los casos de accidentes severos y fallecimientos. De ser así, debiera incluirse también a quienes conducen vehículos a motor como público diana de esas campañas.



Visibilidad y accidentes

Una forma intuitiva de prevenir accidentes de tráfico afectando a ciclistas es mejorar su visibilidad.

Vestuario de color llamativo, chalecos reflectantes añadidos, reflectores en partes fijas o móviles, como las ruedas y los pedales, o iluminación delantera y posterior, permanente o intermitente, son algunas de las opciones disponibles.

Sin embargo, no hay mucha información sobre cuál es su nivel de eficacia.

Un estudio realizado en Edmonton y Calgary (Canadá) con 2403 ciclistas afectados por accidentes con vehículos a motor analizó detalles sobre su visibilidad (262).

Las conclusiones indicaban que, durante el día, llevar ropa de color llamativo y claro en el tronco reducía el riesgo de colisión respecto a rodar con prendas de colores apagados u oscuros.

De noche, llevar en la parte superior del cuerpo ropa de color rojo, naranja o amarillo no era tan eficaz como vestir

elementos reflectantes o luces frontales y posteriores para reducir el riesgo de atropello por vehículos motorizados.

Para ver en qué medida el público tenía en cuenta la conveniencia de ser visto en sus desplazamientos, en la misma zona de Canadá se analizó el uso de vestuario y ayudas a la visibilidad en puntos seleccionados de forma aleatoria.

836 personas, de las que el 63% caminaba o trotaba, y el 33% circulaba en bicicleta, fueron incluidas en el estudio (263).

Apenas un 12,7% a 14,7% de las que iban a pie vestían colores brillantes en el tronco, y muy pocas llevaban reflectantes.

Entre los ciclistas, entre un 17% y un 19% vestían de forma llamativa, y el 13%-14% iba con prendas claras.

Una cuarta parte de las bicicletas tenía luz delantera, y la mitad portaba reflector trasero o en los radios, pero muy pocos llevaban bandera u otros elementos llamativos, poniendo de manifiesto que en estos aspectos de la seguridad hay mucho por hacer.

El uso de luces delante y detrás, incluso durante el día, se está generalizando como medida de seguridad, existiendo cierta cantidad de modelos y de formas de funcionamiento: continua, intermitente, de ritmo cambiante, etc., aun cuando algunos de ellos pudieran no ajustarse a las normativas de Tráfico vi-
gentes.

El buen rendimiento de las instalaciones con lámparas LEDS ha hecho que sean las mayoritarias, pero no hace muchos años eran las dinamos las encargadas de generar la tensión eléctrica suficiente para iluminar el camino y hacerse ver.

¿Qué esfuerzo físico suplementario exige mover una dinamo para alumbrarnos?

Varía según las características técnicas del generador que se usa, como su potencia, por ejemplo, pero hemos encontrado un estudio que analizó el esfuerzo que suponía mover una dinamo de 6 voltios y 3 vatios (264).

12 varones y 7 mujeres pedalearon en condiciones de laboratorio, con y sin acoplar la dinamo, y a velocidades de 13 km/hora y 21 km/hora.

A 13 km/h el consumo de oxígeno aumentaba un promedio del 8,4%, mientras a 21 km/h, obtener iluminación exigía un gasto suplementario de un 9,6% en

dicho consumo de oxígeno, pudiendo darse el caso de que ese esfuerzo extra limitara el uso de la iluminación.

Sin embargo, con los recursos técnicos actuales, hacerse ver no supone ningún esfuerzo físico suplementario, y además de las luces, podemos recurrir a elementos textiles reflectantes que nos hacen ser más visibles y rodar con mayor seguridad.

Otro aspecto a considerar es el de que muchos accidentes ocurren por colisión lateral de vehículos a motor contra bicicletas, especialmente en cruces y rotondas, por lo que, además de hacerse ver desde el frente y atrás, queda de manifiesto la importancia de añadir reflectantes laterales, en las propias ruedas, por ejemplo.

Respecto a la ubicación de elementos reflectantes cabe recordar que las luces que deberán reflejar provienen de otros vehículos y están diseñadas de tal forma que se dirigen de arriba hacia abajo: desde los focos hacia el suelo, para evitar deslumbramientos.

Por lo tanto, colocar los reflectantes en posiciones bajas, de la bicicleta o de su tripulante, los hará visibles antes, alargando la distancia de seguridad para cualquier maniobra.



La bicicleta en los desplazamientos a centros escolares

Uno de los usos más interesantes de la bicicleta como medio de transporte activo y saludable es en los desplazamientos de la población escolar a sus centros de formación.

Además de los beneficios inmediatos, cabe esperar de esa actitud la creación de unos hábitos de vida más saludables y que perduren a lo largo de la vida.

Pero en la sociedad actual vivimos algo que, desde la perspectiva de los años pasados, pudiera calificarse de hiperproteccionismo de la infancia y juventud, al menos en cuanto al transporte escolar se refiere.

Desplazamientos que hace unas décadas eran naturalmente realizados a pie, en la actualidad se hacen en vehículos a motor, particulares en muchas ocasiones, perdiendo una magnífica ocasión de mejorar la salud individual y de cohesionar la sociedad.

La supuesta seguridad, o la necesidad parental de compensar la disminución del tiempo compartido con sus vástagos, pueden ser argumentos, no siempre confesados, para justificar una práctica tan poco sostenible.

Un amplio estudio realizado en Suecia, dando por sentado el positivo impacto del uso de transporte activo en la salud y desarrollo de la población escolar entre los 11 y 15 años, analizó qué porcentaje se desplazaba andando o en bicicleta y lo relacionó con el género, la edad, el entorno urbano y estatus socioeconómico (265).

De 4415 alumnos y alumnas, el 62,9% de la muestra utilizaba el transporte activo, aunque el porcentaje iba disminuyendo con la edad.

Así, a los 11 años el resultado era de un 76%; a los 13, el 62%, y a la edad de 15 años se reducía al 50%.

Desde el punto de vista de la seguridad, hubiéramos esperado una evolución justo a la inversa: a más años, mayor permisividad para el desplazamiento autónomo, pero lo que encontraron era que con la edad aumentaba el uso de medios públicos de transporte, desde un 19% hasta el 43%.

Por otra parte, quienes vivían en apartamentos o en casas adosadas, así como quienes lo hacían en ciudades de tamaño medio, usaban más el transporte activo que los de viviendas unifamiliares y grandes áreas urbanas.

En estas zonas, quienes más se desplazaban a clase andando o en bici eran las y los jóvenes de familias trabajadoras, respecto a las de nivel económico medio - alto.

Sin embargo, no influían en los resultados el origen sueco o foráneo ni el género de esas personas.

Centrando la atención en la seguridad, no puede obviarse la existencia real de riesgo para la población más joven usuaria de la bicicleta, tanto en su faceta utilitaria como en la recreativa.

Un estudio publicado en 1993 comparaba los accidentes de tráfico sufridos en ambas situaciones por personas de 14 años o menos (266).

En el 43% de los casos la colisión con vehículos a motor había ocurrido durante el juego, y el 57% restante, realizando algún desplazamiento concreto.

Las 123 personas del primer grupo eran de menor edad, estaban más cerca de su casa, en zonas residenciales, con pocos carriles, velocidad más reducida, tráfico menos denso y, frecuentemente, en compañía de otros jóvenes.

Los que habían sufrido su accidente durante desplazamientos activos tenían entre 10 y 14 años, circulaban por calles con muchos carriles y en solitario. El 45% de este grupo de 166 jóvenes personas, cuando sufrió el accidente, iba a su centro escolar o volvía del mismo.

Respecto a los daños, no había diferencia significativa en cuanto al número, gravedad o distribución de las lesiones sufridas en ambos tipos de uso, predominando las que afectaban a las extremidades y a la cabeza.

El análisis, para mejorar la seguridad en este colectivo joven, proponía el establecimiento de una edad mínima para permitir el uso de la bicicleta en las calles, e incluso la consideración de hacer precisa una licencia, la separación de sus rutas respecto al tráfico de vehículos a motor, la formación precoz respecto a las normas de tráfico y el uso de casco.

Con el mismo afán de conocer mejor la situación, en una localidad noruega se estableció entre 1990 y 1993 un sistema de registro de lesiones de escolares ciclistas de 10 a 15 años (267).

Y se contemplaron dos grupos: los que sufrieron el problema yendo o volviendo de los centros docentes y los que lo padecieron en otros usos diferentes.

Tan solo el 1,26% (352 personas) del colectivo ciclista de esas edades requirió asistencia médica por lesiones relacionadas con la bicicleta, resultando significativamente más elevada la cifra de chicos que la de chicas.





En cuanto al aspecto fundamental del estudio, los accidentes relacionados con el desplazamiento a centros escolares fueron el 30 % del total de los sufridos (107), y en el 77 % de los casos se trataba de accidentes sin colisión, el 14 % eran colisiones con vehículos a motor y el 9 % con otras bicicletas.

Las lesiones sufridas afectaban en un 20 % de los casos a la cabeza, y un 13 % del total requirió hospitalización.

En otro análisis comparativo sobre 1470 personas ciclistas accidentadas, menores de 18 años, de las que 119 habían sufrido consecuencias severas en colisión con vehículos a motor durante desplazamientos utilitarios y de recreo, se apreció que el cuadro dominante era el de varones, de 13 a 17 años, y sin casco.

En ese caso, rodar sobre superficies pavimentadas y con finalidad utilitaria (desplazamiento escolar o similar; no deportivos o de ocio) eran factores que disminuían el riesgo (268).

Respecto al uso de casco, un estudio realizado entre abril de 1991 y septiembre de 1993 sobre los accidentes y lesiones sufridas en relación con el uso de la bicicleta por personas de entre 3 y 16 años, con y sin casco, aportaba información de interés (269).

En 699 accidentes sufridos por jóvenes, sólo el 13,7 % llevaban casco en el momento del mismo, y el riesgo de

padecer lesiones cefálicas graves, que afectaron a 76 ciclistas, era sustancialmente mayor entre quienes no portaban dicha protección, si bien el resto de traumatismos severos se repartía por igual entre los dos grupos.

Un análisis de los accidentes graves sufridos por jóvenes de hasta 14 años andando en bicicleta y recogidos en el National Pediatric Trauma Registry estadounidense, entre enero de 1986 y junio de 1996, mostraba que de 4041 pacientes, solo 219 (5%) eran menores de 5 años.

Del total, la cifra de quienes portaban casco en el momento del accidente era de apenas 2 menores de 5 años y 124 mayores, hasta 14 años (un 3%), poniendo de manifiesto la escasa implantación de su uso.

Respecto al lugar del accidente, y como parece lógico, en los más pequeños prevalece el jardín o acceso a sus domicilios, estando implicado un vehículo a motor en el 31% de los casos, frente al 47% que intervenía en los de 5 a 14 años.

Y en el 45% de los pequeños y el 56% de los mayores las lesiones principales afectaron a la cabeza, ocasionando la muerte del 1% de las personas del primer grupo y del 2% de las otras, abundando en la necesidad de promover el uso de ese elemento de protección (270).

Frente a esos aspectos negativos, ¿hay argumentos positivos en que fundar la promoción del uso de medios de transporte activos y sostenibles en el entorno escolar?

Un total de 1016 jóvenes de entre 12 y 19 años realizaron diversos test físicos y fueron estudiados en relación a su estado de salud en 2013.

Los resultados de esas mediciones se relacionaron con actividades físicas cotidianas, como la de andar o pedalear para ir a clase, y con otros parámetros.

Quienes andaban más de 5 horas por semana presentaban mayor fuerza de prensión de la mano, menor colesterol total y mejor proporción de HDL, mientras los que caminaban entre 1 y 5 horas por semana tenían menor concentración sanguínea de HDL que la gente menos activa.

Respecto a quienes utilizaban la bicicleta en sus desplazamientos, acumulando una o más horas por semana de ejercicio ciclista, se apreciaba que presentaban mejores cualidades aeróbicas, menor índice de Masa Corporal, diámetro de cintura y relación entre el colesterol total y el HDL que quienes no rodaban en bici (271).

Por lo tanto, el uso de formas de desplazamiento activo en la población escolar está relacionada con mejores datos de salud, y cuando se hace en bicicleta, los beneficios resultan ser superiores a los obtenidos andando.

Visto lo anterior, el objetivo sería el de encontrar sinergias entre los intereses del transporte sostenible y los de la salud de ese grupo de personas jóvenes.

En muchos entornos cuesta lograr una fidelización de la población a la práctica de ejercicio físico y a pautas de vida más saludables.

Un trabajo de investigación (272) estudió la relación entre el uso de formas de transporte activo en la infancia y juventud y el mantenimiento posterior de actividad física moderada o vigorosa.

Un grupo de 134 niños y niñas de entre 5 y 6 años, y otro de 201 con 10 a 12 años, de Melbourne, fueron analizados en cuanto a su forma de transporte y testados de nuevo 3 y 5 años después, estudiando mediante acelerómetros sus patrones de ejercicio físico moderado o vigoroso una vez transcurridos esos periodos.

En el colectivo más joven se apreció que los niños que utilizaban formas de transporte activas, a posteriori presentaban niveles superiores de práctica de ejercicio moderado o vigoroso, cosa que no ocurría con las niñas.

El segundo grupo de edad, de 10 a 12 años, en cambio, mostraba tanto en ellos como en ellas que el hábito adquirido de andar o pedalear para ir a clase había trascendido en el tiempo, de forma que se apreciaba un comportamiento más activo. Y eso, tanto en días de labor como en los del fin de semana.

Se evidencia entonces el interés de fomentar formas activas de desplazamiento en edades precoces, para conseguir pautas de vida saludables en cuanto a ejercicio físico en el futuro.

En la Comunidad Autónoma Vasca se producían en el año 2011 unos 117.000 desplazamientos al día en bicicleta, según la Encuesta de Movilidad (225), y el 18,9% de ellos consistía en viajes a los centros educativos.

Cinco años más tarde, en 2016 (273), eran más de 147.000 los movimientos diarios en bici, y el porcentaje por motivos de estudio ascendía hasta el 21,4 %.

En datos absolutos, de los 22.101 viajes diarios en bicicleta realizados en torno a centros educativos en 2011, pasamos a 31.556 en 2016, mostrando un esperanzador incremento.

Sin embargo, las bondades anteriormente descritas de la bicicleta en este cometido de los desplazamientos escolares tropiezan con diversos obstáculos que limitan su desarrollo, y uno de ellos es la percepción de riesgo por parte de las familias.

Para añadir seguridad a esa práctica sana de ejercicio físico entre la población más joven, encontramos una iniciativa curiosa: el programa informático “Bike Smart”.

Incluye reglas de circulación, colocación del casco, descripción de riesgos y propuestas de comportamiento para conseguir conductas seguras, y en el análisis de sus resultados se apreció una mejoría sustancial de quienes lo usaban respecto a un grupo control (274).

En New Jersey se planteó una investigación interesante.

Para reducir los riesgos de accidente de la población escolar en bicicleta se puso en marcha un programa de formación, denominado Rutas Seguras a la Escuela, con dos facetas: un grupo de escolares lo recibió como parte de su educación teórica en los centros y otro, con prácticas, en un campamento de verano.

De nuevo el uso correcto del casco, detalles de seguridad de la bicicleta y detección de riesgos potenciales fueron los conocimientos impartidos en ambos grupos a 699 escolares, logrando las dos opciones similares mejoras en el comportamiento a corto plazo (275).

Otra iniciativa en pro de la seguridad se fijó en que un tercio de los 300.000 niños y niñas atendidos cada año en servicios de urgencias de Estados Unidos sufrían lesiones en la cabeza.

Se planteó analizar la incidencia que lograba un programa de información sobre el uso del casco dirigido a 1610 escolares de dos centros de educación primaria, junto con el regalo de ejemplares del mismo a parte de esa misma población.

El uso del casco aumentó en el total del colectivo entre un 38% y un 46%, pero el grupo que lo había recibido gratuitamente lo usaba en un 61,4% de los casos y el que empleaba el suyo propio se quedaba en un 43,4%.

En cambio, quienes sólo obtuvieron el programa de información no mostraron aumento significativo en el uso de ese elemento de seguridad (276), detalle a considerar de cara a conseguir efectividad en las iniciativas.

Revisados los riesgos y los beneficios potenciales de esta forma de desplazamiento activo y sostenible a los centros de estudio, ¿qué opinan padres y madres respecto a la edad apropiada para dejar que sus vástagos rueden solos en bicicleta?

945 hogares del Estado de Colorado, con hijos entre 1 y 14 años tomaron parte en un estudio de opinión sobre a qué edad consideran que esas jóvenes personas pueden bañarse solas, cruzar la calle sin ir de la mano o rodar en bicicleta en solitario por rutas con tránsito.

Aunque con algunas diferencias en función de la procedencia racial de las familias, para bañarse, el resultado promedio era de 6,6 años, para cruzar la calle, de 9 años y, en cuanto al uso de la bicicleta, consideraban adecuado permitir rodar en ella solos a partir de los 12,2 años de edad (277), dato que retrasaría considerablemente la implantación de este buen hábito.

Es preciso mejorar la percepción de seguridad en torno al uso de la bicicleta para los desplazamientos escolares si queremos que su implantación se difunda.

Seguridad de las sillas y carros para transporte infantil

A las horas de entrada y salida de centros escolares y en otros desplazamientos incluso por ocio, en algunos países resulta frecuente ver progenitores que llevan a sus criaturas en la bicicleta.

Las opciones más frecuentes consisten en el transporte en carros remolcados o sobre sillas montadas en la propia bicicleta.

Estas modalidades de uso también han sido examinadas desde el punto de vista de la seguridad infantil en un estudio que analiza los accidentes recogidos por el Sistema Nacional Electrónico de Vigilancia de Accidentes en Estados Unidos entre 1990 y 1998.

De los 49 casos encontrados, 6 habían ocurrido con carros remolcados y 43 con sillas montadas sobre la bicicleta. A su vez, las causas de accidente en el primer caso tenían que ver con colisiones con vehículos a motor en dos casos, con caídas, en tres ocasiones, y por contacto con las ruedas o radios en una.

En cambio, montadas en una silla, las personitas transportadas habían sufrido 4 casos de lesiones por colisión con vehículos, 31 por caídas y 8 por contacto con ruedas o radios de las mismas.

Respecto a la localización anatómica de las lesiones, la cabeza y la cara copaban el 83% de las producidas ro-





dando en carro y el 49% de las generadas en silla, haciendo evidente la necesidad de llevar casco en los dos casos.

En cuanto al tipo, en ambas modalidades se apreciaban contusiones, abrasiones o laceraciones, pero en el caso de las sillas montadas sobre la bici, 9 personas (21%) sufrieron fracturas (278).

Desplazamiento activo al trabajo

Una de las causas de multitud de desplazamientos es acudir al lugar de trabajo.

Las cotidianas congestiones matutinas del tráfico nos dan cuenta de la importancia numérica de esta migración que afecta a millones de personas.

A la hora de planificar alternativas, está claro que el transporte público tiene un papel fundamental, pero en los casos de recorridos de corta o media distancia, que no superen cierto kilometraje, la bicicleta es una excelente alternativa.

La expectativa de mejoras de la salud individual, social y medioambiental así lo avalan.

Para conocer el “estado de la cuestión”, en Nueva Gales del Sur, Australia, analizaron cuánta gente acudía an-

dando o en bicicleta al trabajo en el periodo de 2005 a 2010.

Entre el 5,1% y el 7,3% de los desplazamientos de personas trabajadoras eran realizados a pie, y entre el 1,4% y el 1,8% lo hacían en bici, manteniéndose estables las cifras en ese margen de años (279).

El análisis sociológico mostraba que el colectivo que usaba medios de transporte activos tenía un mayor nivel de educación que los que no lo hacían, debiendo enfocarse hacia esa población las campañas de fomento.

En Francia, su “Code du Travail”, instaurado por una ley de transición energética, dio un decidido paso adelante en la promoción de la bici para acudir al trabajo.

Su artículo L. 3261-3-1 fijaba como responsabilidad de la patronal el pago de una indemnización a las personas que acudieran en bicicleta a su puesto laboral. La cantidad, que en algún momento era de 23 céntimos de euro por kilómetro recorrido, en 2016 pasó a 25 céntimos/km.

Esa percepción, además, estaba libre de impuestos hasta una cantidad de 200 euros anuales.

Como contrapartida, la normativa dispone que las empresas obtengan una desgravación del 120% en los gastos hechos para facilitar el uso de la bici por su personal, contemplando la construcción de aparcamientos cubiertos, vestuarios, duchas e incluso la adquisición de bicicletas de empresa, su mantenimiento y reparación (280).

Para redondear este atractivo panorama, las autoridades locales y la estatal contemplan la concesión de una “ayuda de Estado”, denominada “bonus vélo à assistance électrique”, para la adquisición por particulares de bicicletas con apoyo eléctrico, hasta un máximo de 200 € (281).

Similar iniciativa de promoción de la bici encontramos en Bélgica.

En los Países Bajos, que pudieran considerarse el “paraíso mundial de la bicicleta”, la asociación de ciclistas Fietzersbond puso en marcha la iniciativa “Bike to Work” con el fin de facilitar que las empresas, en este caso, belgas, incentivarán los desplazamientos activos al trabajo utilizando bicicletas.

En 2017 más de 250 empleadores y 35.000 personas trabajadoras participaban en ella (282), y en 2018 las cifras siguen siendo superiores a 250 empresas y 33.000 participantes (243).

Desde un punto de vista práctico, esa aceptación supone haber logrado de millones de desplazamientos cotidianos se realicen cada año de forma activa y sostenible, con los beneficios para el medio ambiente y las personas que ello supone.

Con el fin de conocer el impacto de esas medidas, en 2017, la página web “Agoria”, con la colaboración de ese programa de motivación denominado “Bike to work” y el laboratorio farmacéutico Janssen Pharmaceutica elaboró una amplia encuesta con la participación de 3.500 personas belgas trabajadoras que asistían cotidianamente en bici al trabajo (282).

Vemos algunos de sus resultados:

- Dos de los motivos para escoger este vehículo de transporte fueron la salud y los embotellamientos de tráfico.
- Las infraestructuras para bicicletas adquirieron importancia social.
- Una persona de cada tres llevaba casco al trabajo, pero 9 de cada 10 lo hacían en actividades deportivas.
- Incluso en caso de lluvia fuerte, 7 de cada 10 personas acudían al trabajo en bici.
- El 34% de las personas se había convencido gracias a la bicicleta con ayuda eléctrica.
- Un 8% más esperaban adquirirla en menos de dos años y un 32% cuando tuvieran más edad.
- El 56% de las personas vivía a menos de 10 km de distancia del trabajo, y el 44% a más, manifestando que la bici eléctrica les había animado a recorrer esa mayor distancia.

- Con las denominadas “speed pedelec”, que alcanzan hasta 45 km/h, la distancia asumible para acudir en ella al trabajo se alargaba hasta superar los 25 km.
- Las personas que pasaron a utilizar la bicicleta venían utilizando anteriormente su vehículo a motor de explosión, especialmente en el caso de las que pasaron a bici eléctrica (79%) y “speed pedelec” (92%).
- La mayor parte de la gente circulaba por zonas urbanas sin adaptar para bicis, por arcenes, carriles-bici junto a la carretera y, en menor cantidad, por pistas para bicis separadas del tráfico.
- En su valoración, circular por zonas urbanas sin preparación para bicis y por arcenes eran las opciones menos adecuadas.
- Respecto a los motivos de conflicto, el principal referido era el comportamiento de los automovilistas y, en segundo lugar, el mal estado de los itinerarios.

Consultadas las personas de la encuesta sobre medidas para favorecer un uso más frecuente de la bicicleta en los desplazamientos al trabajo, sus respuestas citaban, en orden de mayor a menor interés, las siguientes:

- 1- Compensación económica por los desplazamientos en bici.
- 2- Disponibilidad de duchas en el trabajo.
- 3- Asistencia gratuita de averías en el desplazamiento.
- 4- Aparcamiento adecuado en el lugar de trabajo.
- 5- Disponibilidad de bicicleta eléctrica.
- 6- Disponibilidad de bicicletas de empresa.

En el caso concreto de la disponibilidad de bicicleta con apoyo eléctrico, 6 de cada 10 personas no usuarias habituales consideraban que sería un buen estímulo para hacerlo.

Revisando datos de la Comunidad Autónoma Vasca, correspondientes a 2011, se apreciaba que más de la mitad de los 117.000 desplazamientos diarios en bicicleta se realizaban hacia o desde el lugar de trabajo (225). Concretamente, el 50,9 % de ellos, constituyendo el motivo de uso más importante de esta máquina.

Sumando estos a los escolares, apreciamos que en aquel año un 69,7 % de los movimientos en bicicleta tenían un fin ocupacional.

En 2016 (273), con más de 147.000 desplazamientos diarios en ese vehículo, el 89,8 % de los cuales era intramunicipal, el porcentaje de los relacionados con motivos laborales había bajado al 36,3 %, y aunque seguía siendo el mayor motivo de los viajes en bici, su peso relativo

había descendido, al igual que el porcentaje de viajes diarios con finalidad ocupacional, que quedaba en un 57,7 % tras añadir los escolares.

En términos absolutos, en esos cinco años desde el 2011 al 2016 el número de desplazamientos laborales diarios en bicicleta descendía de 59.521 a 53.527, mostrando la necesidad de estímulos apropiados para que ese colectivo, que genera el mayor porcentaje de los viajes diarios en la CAPV: el 30,3 % de los más de 6.700.000 movimientos que se producen durante un día de labor promedio, piense en la bicicleta como vehículo.

En cambio, quien experimentaba un ascenso importante entre esos dos años de las encuestas de movilidad era el uso recreativo de la bicicleta, pasando de un 18,8 % al 26,1 %.

¡Y no es una mala señal!

Ahora es preciso atraer a ese creciente colectivo para que descubra el potencial que ese móvil de ocio les ofrece si lo emplean para otros tipos de desplazamiento.

Los robos de bicicletas

Más de 500.000 bicicletas son robadas, cada año, en Inglaterra, y es curioso que dos tercios de los casos ocurren en las proximidades de los respectivos domicilios (283).

Más cerca, según el registro de Seguridad Ciudadana de Vitoria-Gasteiz, en el periodo 2004-2016 se produjeron 889 denuncias por sustracción de bicis en el municipio (230).

Este es uno de los factores que frenan el uso cotidiano de la bicicleta como vehículo sostenible para los desplazamientos cotidianos.

Disponer de espacios específicos para su aparcamiento, y dotarlos de medidas de seguridad que disuadan del robo, sería una forma de animar a su empleo.

Pero no exime de la cautela personal de utilizar candados o bloqueos que pongan trabas a los ladrones.

Merece la pena utilizar buen material, y es frecuente la propuesta de emplear dos sistemas en lugar de uno, ase-





gurando el cuadro y una de las ruedas, por una parte y, mediante cadena o cable, también otras piezas separables de la bici, como la otra rueda o el sillín.

Sin embargo, los cables o cadenas no ofrecen suficiente defensa frente a algunas herramientas de corte.

Por otra parte, hay modelos de bicicleta dotados de serie con bloqueos que, incluso no impidiendo el hurto de la misma, lo hacen menos atractivo, al dificultar su posterior venta o uso.

Para algunos componentes, una alternativa que entorpece el robo es la de sustituir los cierres rápidos habituales por fijaciones más difíciles de aflojar.

Respecto a ciertos accesorios, como luces añadidas, herramientas, bolsas o alforjas, en caso de no poderse proteger de alguna forma, deberán ser retiradas al aparcar nuestro vehículo.

Para cuando la prevención no evita el robo, hay instituciones municipales que disponen de un Registro de Bicis, a partir del cual puede localizarse a los propietarios de las que son recuperadas.

En Vitoria – Gasteiz, por ejemplo, e incluso mediante medios informáticos, no presenciales, es posible acceder a las bicicletas que son recogidas en el Depósito Municipal, de las que se ven datos técnicos y fotografías que facilitan su recuperación por quienes puedan demostrar su propiedad (284).

En tal sentido, es conveniente que en los documentos de compra se haga constar el número de serie de la bici, en caso de disponer de él.

La Red de Ciudades por la Bicicleta, por ejemplo, ofrece la página web “BiciRegistro” (285), a la que en 2019 se ha incorporado Bilbao.

En ella se permite la inclusión de datos de nuestra bici en un registro estatal único, contando con un listado de las desaparecidas y otro de las encontradas, accesibles a las Policías locales de los municipios integrados en la Red, que facilitan su localización y devolución.

Otra iniciativa explorada para mejorar la seguridad de la bici ha sido la de identificar electrónicamente nuestra máquina y disponer de sus datos en “la nube”, facilitando su identificación, especialmente en ciudades con registro de bicis.

Sin embargo, alguno de estos sistemas no ha funcionado como se esperaba. Bicitronic, por ejemplo, que anuncia-

ba tener más de 22000 registradas en noticias de 2014, un año más tarde había cerrado.

Y la búsqueda de opciones más seguras sigue, examinando el potencial de usar etiquetas legibles con luz ultravioleta o infrarroja, rastreadores GPS o bloqueos cada vez más sofisticados.

Pero la realidad, tozuda, nos va mostrando largas listas de bicis robadas y amplios almacenes municipales repletos de los restos de aquellas que son recuperadas.

¡Queda margen de mejora en ese aspecto!

La bicicleta y el consumo de alcohol

Si bien el uso de bebidas alcohólicas está fuera de toda lógica en el ciclismo competitivo, por la nefasta influencia que ejercen sobre el rendimiento, cuando pensamos en la bicicleta como medio de transporte la situación es diferente, y debe distinguirse de la que rodea al uso de otros vehículos a motor con más ruedas.

El negativo efecto que el alcohol ejerce sobre el equilibrio, especialmente manifiesto al rodar sobre sólo dos apoyos, hace de su consumo una práctica de alto riesgo.

Pero hay personas que no lo toman en consideración.

De hecho (286), en un estudio de las víctimas de accidente con bicicleta de 18 o más años de edad, habidas durante un año, entre diciembre de 2006 y noviembre de 2007, en una ciudad de tamaño medio y sin legislación sobre el uso de casco en personas adultas, se apreciaba que cuando el alcohol estaba presente, el riesgo de traumatismo craneal era más de tres veces mayor que sin haberlo bebido. ¡Se multiplicaba por 3,23!

Además, esos accidentes afectaban más a personas de menor experiencia, sin casco, con tendencia a circular de noche y por calles de la ciudad, por lo que el riesgo que asumen quienes utilizan de esa forma la bicicleta resulta superior al de ocupantes de vehículos a motor de cuatro o más ruedas.



EN SÍNTESIS

- **Tras andar, rodar en bicicleta es la forma de moverse más utilizada en el mundo.**
Economía, facilidad de manejo, respeto por el medio natural, salud, placer... son algunos de los argumentos favorables para el aumento de su uso como medio de desplazamiento.
- **La bicicleta es ventajosa respecto a otros vehículos a motor de explosión o eléctricos en recorridos urbanos de hasta cerca de 8 kilómetros.**
- **La salud de las personas y la de las ciudades se benefician de su uso,** pero su implantación es todavía muy mejorable.
- **Es preciso desarrollar una red de comunicaciones adecuada a este vehículo, ofertar bicicletas de alquiler, mejorar la seguridad vial y ante robos,** así como facilitar el uso de la bicicleta por la población más joven, para sus desplazamientos escolares, por ejemplo.
- **Facilitar la movilidad en bicicleta reduce las tasas de sedentarismo y obesidad,** por lo que mejoras en las infraestructuras ciclables incide beneficiosamente en la salud comunitaria.
- **Las motivaciones, lugares de uso, condición social y género de las personas usuarias cambian en cada lugar,** por lo que la promoción del uso de la bicicleta debe tener en cuenta esas variables.
- **Las condiciones del tráfico, problemas de seguridad con vehículos a motor o la percepción subjetiva de seguridad son aspectos limitantes para el empleo de esta máquina.**
- **Las iniciativas exitosas para promoción del uso de la bicicleta han contemplado de forma integral la adecuación de infraestructuras, la combinación con el transporte público, campañas educativas y publicitarias, programas para facilitar su adquisición, la perspectiva de género y la adaptación de normativas legales.**
- **La organización de personas usuarias de bicicleta en asociaciones es otra vía para ampliar la presencia de la bici en las calles.** Otorga un mayor poder de influencia sobre las políticas de las Administraciones y favorece la creación de alianzas estratégicas con otros movimientos sociales, entidades públicas y privadas.
- **Cuanto mayor es la cifra de ciclistas de una región, mayor es su seguridad.** Duplicar esa cifra hace que el riesgo de sufrir accidentes descienda un 34 %. Y desciende también la tasa de hospitalizaciones, la de lesiones graves y la de muertes por cada 10.000 ciclistas.
- **Las infraestructuras más seguras para bicicletas tienen un solo sentido de circulación, un cuidado diseño de las intersecciones, y están separadas del tráfico de vehículos a motor.**
- **Por el contrario, las rotondas de varios carriles y sin carril-bici separado, las aceras compartidas con peatones y las carreteras de primer orden son zonas de especial riesgo.**
- **La población usuaria de la bicicleta como vehículo de desplazamiento sostenible muestra una preferencia clara por las vías ciclistas segregadas del resto del tráfico.**
- **Los requisitos deseables para esas vías incluyen diseños que ahorren energía, evitando fuertes pendientes, protegidas**

del viento lateral, con márgenes amplios de anchura, como para poder rodar en paralelo, separación del tráfico, firme de buena adherencia y homogéneo.

- **Las campañas de prevención de riesgos viales para ciclistas y/o peatones tienen una incidencia positiva sobre peatones, si bien limitada en el tiempo. Pero no funcionan con la población ciclista, que pudiera ser un elemento pasivo en muchos accidentes, por lo que debe incluirse a quienes conducen vehículos a motor como público diana de esos planes.**
- **Hacer que quienes se desplazan en bicicleta sean visibles en todo tiempo es fundamental para su seguridad.**
- **El uso de la bicicleta para los desplazamientos a centros escolares, además de los beneficios para la salud y sociales, favorece la creación de hábitos de vida saludables. Pero tropieza con la percepción paterna de los riesgos, muchas veces, evidentes.**
- **Es preciso conseguir la idoneidad de los itinerarios para escolares y el uso de elementos de protección, como el casco, para la seguridad de sus desplazamientos.**
- **El uso de formas de desplazamiento activo a los centros escolares se relaciona con mejoras evidentes en las analíticas sanguíneas, fuerza, capacidad aeróbica o índice de masa corporal, especialmente cuando se hace en bicicleta. Y ese hábito saludable perdura años después.**
- **Campanas de educación vial y regalo de cascos han sido combinaciones**

efectivas para mejorar la seguridad en esa población más joven.

- **Llevar criaturas en sillas acopladas a la bicicleta resulta más peligroso que hacerlo en carro, apreciándose la necesidad en ambos casos del uso de casco.**
- **La bicicleta es una buena alternativa de desplazamiento al trabajo en recorridos de corta o media distancia, ofreciendo mejoras de la salud individual, social y medioambiental.**
- **Las normativas de transición energética pueden estimular de forma eficaz su uso, mediante beneficios fiscales a las empresas que promuevan la bici en los desplazamientos, ayudas de Estado para su adquisición y retribuciones a los empleados que la usen para acudir al trabajo.**
- **Las mejores medidas para propiciar el uso de bicicletas en el entorno laboral son: la compensación económica por desplazamiento, la disponibilidad de duchas en el trabajo, asistencia en caso de avería, aparcamiento adecuado en la empresa, disponibilidad de bicicleta eléctrica y el uso de bicicletas de la empresa.**
- **El robo es uno de los obstáculos para el uso cotidiano de la bici. Sistemas de bloqueo para dificultarlo, registros, etiquetas de identificación, rastreadores y demás opciones, junto a cámaras de control, en el caso de ciertos aparcamientos, son algunas opciones para evitarlo.**
- **La combinación de consumo de alcohol y uso de la bicicleta es evidentemente arriesgada y triplica las posibilidades de sufrir un traumatismo craneal. Suele tratarse de gente de menor experiencia, sin casco, circulando de noche y por vías urbanas.**

BIBLIOGRAFÍA

1. Euskadi.eus. [En línea] [Citado el: 19 de 09 de 2019.] <http://www1.euskadi.net/sistrans/Dialog/Saveshow.apl>.
2. *From bipedalism to bicyclism: evolution in energetics and biomechanics of historic bicycles.* **Minetti, AE., Pinkerton, J. y Zamparo, P.** 7 de Jul de 2001, Proc. Biol. Sci., Vol. 268, págs. 1351-1360.
3. *The mechanisms for minimizing energy expenditure in human locomotion.* **Saibene, F.** 44 Suppl.1, 1990, Eur. J. Clin. Nutr., págs. 65-71.
4. **Gallastegi, José Joaquín.** *Desde la cuneta: Crónica de cien años dando pedales en el País Vasco (1901-2000).* [Digital. Archivo en Word] 2005. Original no publicado.
5. *Health effects of the London bicycle sharing system: health impact modelling study.* **Woodcock, J., y otros.** 348, Feb. de 2014, BMJ, pág. 425.
6. *Do the health benefits of cycling outweigh the risks?* **Hartog, J.J., y otros.** 12, Rio de Janeiro : s.n., Dec. de 2011, Cienc. saúde coletiva., Vol. 16.
7. *Health impact assessment of increasing public transport an cycling use in Barcelona: a morbidity and burden of disease approach.* **Rojas-Rueda, D., y otros.** 57, Nov. de 2013, Prev. Med., Vol. 5, págs. 773-9.
8. *Cycling and the promotion of health.* **Hillman, M.** 1992. PTRC Summer Annual Meeting Seminar B. págs. 25-36.
9. *Associations between the frequency of cycling and domains of quality of life.* **Crane, M., y otros.** 25, Dec. de 2014, Health Promot. J. Austr., Vol. 3, págs. 182-5.
10. *Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years.* **The GBD 2015 Obesity Colaborators.** 377, July de 2017, N. Engl. J. Med., págs. 13-27.
11. *Metabolic responses to submaximal treadmill walking and cycle ergometer pedalling in obese adolescents.* **Lafortuna, C.L., y otros.** 20, Aug. de 2010, Scand. J. Md. Sci. Sports., Vol. 4, págs. 630-7.
12. *The energetic and cardiovascular response to treadmill walking and cycle ergometer exercise in obese women.* **Lafortuna, C.L., y otros.** 103, Aug. de 2008, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 6, págs. 707-17.
13. *The energy cost of cycling and aerobic performance of obese adolescents girls.* **Lafortuna, C.L., y otros.** 32, Sep. de 2009, J. Endocrinol. Invest., Vol. 8, págs. 647-52.
14. *Comparison of fat oxidation over a range of intensities during treadmill and cycling exercise in children.* **Zakrzewski, J.K. y Tolfrey, K.** 112, Jan. de 2012, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 1, págs. 163-71.
15. *Fat oxidation rates are higher durin running compared with cycling over a wide range of intensities.* **Achten, J., Venables, M.C. y Jeukendrup, A.E.** 52, Jun. de 2003, Metabolism, Vol. 6, págs. 747-52.
16. *Association of bicycling and childhood overweight status.* **Dudas, R.A. y Crocetti, M.** 8, Nov. Dec. de 2008, Ambul. Pediatr., Vol. 6, págs. 392-5.
17. *Walking or bicycling to school and weight status among adolescents from Monteria, Colombia.* **Arango, C.M., y otros.** Suppl. 2, Sep. de 2011, J. Phys. Act. Health, págs. S171-7.
18. *Mechanical efficiency during a cycling test is not lower in children with excess body weight and low aerobic fitness.* **Jabbour, G., y otros.** 21, Jan. de 2013, Obesity (Silver Spring), Vol. 1, págs. 107-14.
19. *Exercise modality and metabolic efficiency in children.* **Venweij, B.G., Stoner, L. y Shultz, S.P.** 172, Sep. de 2013, Eur. J. Pediatr., Vol. 9, págs. 1191-6.

20. *Factors affecting the increased energy expenditure during passive cycling.* **Peterman, J.E., Kram, R. y Byrnes, W.C.** 112, Sep. de 2012, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 9, págs. 3341-8.
21. *No changes during pregnancy in the net cost of cycling exercise.* **Spaaij, C.J., y otros.** 48, Jul. de 1994, Eur. J. Clin. Nut., Vol. 7, págs. 513-21.
22. *Effects of saddle height, pedalling cadence, and workload on joint kinetics and kinematics during cycling.* **Bini, R.R., Tamborindeguy, A.C. y Mota, C.B.** 19, Aug. de 2010, J. Sport Rehabil., Vol. 3, págs. 301-14.
23. *Effects of moving forward or backward on the saddle and knee joint forces during cycling.* **Bini, R.R., y otros.** 14, Feb. de 2013, Phys. Ther. Sport, Vol. 1, págs. 23-7.
24. **Groenendijk, M.C., Christiaans, H.C.M. y Van Hulten, C.M.J.** *Sitting comfort on bicycles.* [ed.] E.D. Megaw. London : Taylor and Francis, 1992. págs. 551-7.
25. *Effect of bicycle saddle designs on the pressure to the perineum of the bicyclist.* **Lowe, B.D., Schrader, S.M. y Breitenstein, M.J.** 6, 2004, Med Sci Sports Exerc, Vol. 36, págs. 1055-62.
26. **Zani, Zeno.** *Posiciones incorrectas en la bicicleta. Lesiones comunes y sus remedios.* Bilbao : Dorleta S.A., 1997.
27. *Research of cyclist's spine dynamical model.* **Griskevicius, J., Linkel, A. y Pauk, J.** 16, 2014, Acta of Bioengineering and Biomechanics, Vol. 1, págs. 37-44.
28. *Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists.* **Salai, M., y otros.** 33, Dec. de 1999, Br. J. Sports Med., Vol. 6, págs. 398-400.
29. *Cineradiographic study of spine during cycling: effects of changing the pedal unit position on the dorso-lumbar spine angle.* **Fanucci, E., y otros.** 104, Nov.-Dec. de 2002, Radiol. Med., Vols. 5-6, págs. 472-6.
30. *Cycling forums.* [En línea] [Citado el: 03 de Sep. de 2018.] <http://www.cyclingforums.com/threads/cycling-and-the-spine.8033/>.
31. *Optimal protrude node length of bicycle seats determined using cycling postures and subjective ratings.* **Chen, Y.L. y Liu, Y.N.** 45, Jul de 2014, Aook Ergon, Vol. 4, págs. 1181-6.
32. *Total and free PSA serum concentrations are not influenced by extensive physical exercise and bicycle riding.* **Lippi, G., y otros.** 26, Jan-Feb. de 2005, Int. J. Sports Med., Vol. 1, págs. 79-81.
33. *Rigorous bicycling does not increase serum levels of total and free prostate-specific antigen (PSA), the free/total PSA ratio, gonadotropin levels, or uroflowmetric parameters.* **Saka, T., y otros.** 74, Dec. de 2009, Urology, Vol. 6, págs. 1325-30.
34. *Impotence and bicycling. A seldom-reported connection.* **Solomon, S. y Cappa, K.G.** 81, Jan. de 1987, Postgrad. Med., Vol. 1, págs. 99-100, 102.
35. *Digital three-dimensional modelling of the male pelvis and bicycle seats: impact of rider position and seat design on potential penile hypoxia and erectile dysfunction.* **Gemery, J.M., y otros.** 99, Jan. de 2007, B.J.U. Int., Vol. 1, págs. 135-40.
36. *Bicycle riding and erectile dysfunction: an increase in interest (and concern).* **Huang, V., Munarriz, R. y Goldstein, I.** 2, Sep. de 2005, J. Sex. Med., Vol. 5, págs. 596-604.
37. *Impotence and genital numbness in cyclists.* **Sommer, F., y otros.** 22, Aug. de 2001, Int. J. Sports. Med., Vol. 6, págs. 410-3.
38. *Only the nose knows: penile hemodynamic study of the perineum-saddle interface in men with erectile dysfunction utilizing bicycle saddles and seats with and without nose extensions.* **Munarriz, R., y otros.** 2, Sep. de 2005, J. Sex. Med., Vol. 5, págs. 612-9.
39. *Bicycle riding, perineal trauma, and erectile dysfunction: data and solutions.* **Goldstein, I., Lurie, A.L. y Lubisich, J.P.** 8, Nov. de 2007, Curr. Urol. Rep., Vol. 6, págs. 491-7.
40. *Bicycle riding and the bedroom: can riding a bicycle cause erectile dysfunction?* **Michiels, M. y Van der Aa, F.** 85, Apr. de 2015, Urology, Vol. 4, págs. 725-30.
41. *Erectile dysfunction and amateur cycling.* **Colpi, G.M., y otros.** 80, Sep. de 2008, Arch. Ital. Urol. Androl., Vol. 3, págs. 123-6.
42. *Development of a new geometric bicycle saddle for the maintenance of genital-perineal vascular perfusion.* **Breda, G., y otros.** 2, Sep. de 2005, J. Sex. Med., Vol. 5, págs. 605-11.

43. *The bar sinister: does handlebar level damage the pelvic floor in female cyclists?* **Partin, S.N., y otros.** 9, May. de 2012, J. Sex. Med., Vol. 5, págs. 1367-73.
44. *Bicycle seat designs and their effect on pelvic angle, trunk angle, and comfort.* **Bressel, E. y Larson, B.J.** 35, Feb. de 2003, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 2, págs. 327-32.
45. *Bicycle riding and erectile dysfunction: a review.* **Sommer, F., Goldstein, I. y Korda, J.B.** 7, Jul. de 2010, J. Sex. Med., Vol. 7, págs. 2346-58.
46. *Genital sensation and sexual function in women bicyclists and runners: are your feet safer than your seat?* **Guess, M.K., y otros.** 3, Nov. de 2006, J. Sex. Med., Vol. 6, págs. 1018-27.
47. *Women's Bike seats: a pressing matter for competitive female cyclists.* **Guess, M.K., y otros.** 8, Nov. de 2011, J. Sex. Med., Vol. 11, págs. 3144-53.
48. *Les lanternes rouges: the race for information about cycling-related female sexual dysfunction.* **Partin, S.N., y otros.** 11, Aug. de 2014, J. Sex. Med., Vol. 8, págs. 2039-47.
49. *Biomechanical comparison of shorts with different pads: an insight into the perineum protection issue.* **Marcolin, G., y otros.** 94, Jul. de 2015, Medicine (Baltimore), Vol. 29, pág. e1186.
50. **Catalina de Aragón, Carlos Roberto.** [entrev.] Kepa Lizarraga. *Carletti Sportivo*. 08 de 10 de 2018.
51. *Bike racing, recreational riding, impact sport and bone health.* **Carmont, M.R.** 10, Dec. de 2012, BMC Med., pág. 169.
52. *Cycling and bone health: a systematic review.* **Olmedillas, H., y otros.** 10, Dec. de 2012, BMC Med., pág. 168.
53. *On the biomechanics of cycling. A study of joint and muscle load during exercise on the bicycle ergometer.* **Ericson, M.** 16, 1986, Scand. J. Rehabil. Med. Suppl., págs. 1-43.
54. *Patellofemoral joint forces during ergometric cycling.* **Ericson, M.O. y R., Nisell.** 67, Sep. de 1987, Phys. Ther., Vol. 9, págs. 1365-9.
55. *Tibiofemoral joint forces during ergometer cycling.* **Ericson, M.O. y Nisell, R.** 14, Jul-Aug. de 1986, Am. J. Sports Med., Vol. 4, págs. 285-90.
56. *Load moments about the hip and knee joints during ergometer cycling.* **M.O., Ericson, y otros.** 18, 1986, Scand. J. Rehabil. Med., Vol. 4, págs. 165-72.
57. *Does saddle height affect patellofemoral and tibiofemoral forces during bicycling for rehabilitation?* **Tamborindeguy, A.C. y Rico Bini, R.** 15, Apr de 2011, Vol. 2, págs. 186-91.
58. *The influence of ergometer pedaling direction on peak patellofemoral joint forces.* **Bressel, E.** 16, July de 2001, Clinical Biomechanics, Vol. 5, págs. 431-7.
59. *Exercise and arthritis. Adaptive bicycling.* **Namey, T.C.** 16, Nov. de 1990, Rheum. Dis. Clin. North Am., Vol. 4, págs. 871-86.
60. *Two pilot studies of the effect of bicycling on balance and leg strength among older adults.* **Rissel, C., y otros.** Apr. de 2013, J. Environ. Public Health.
61. *Air pollution and health in urban areas.* **Schweila, D.** 15, Jan-Jun. de 2000, Rev. Environ. Health, Vols. 1-2, págs. 13-42.
62. *Health effects of outdoor air pollution.* **Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society.** 153, Jan. de 1996, Am. J. Respir. Crit. Care Med., Vol. 1, págs. 3-50.
63. *Impact of bicycle route type on exposure to traffic-related air pollution.* **MacNaughton, P., y otros.** 490, Aug. de 2014, Sci. Total Environ., págs. 37-43.
64. *Cyclist route choice, traffic-related air pollution, and lung function: a scripted exposure study.* **Jarjour, S., y otros.** 7, Feb. de 2013, Environ. Health, págs. 12-14.
65. *Utility of an alternative bicycle commute route of lower proximity to motorised traffic in decreasing exposure to ultra-fine particles, respiratory symptoms and airway inflammation: a structured exposure experiment.* **Cole-Hunter, T., y otros.** 12, Apr. de 2013, Environ. Health, Vol. 1, pág. 29.
66. *Respiratory health effects of ultrafine and fine particle exposure in cyclists.* **Strak, M., y otros.** 67, Feb. de 2010, Occup. Environ. Med., Vol. 2, págs. 118-24.
67. **British Medical Association.** *Road transport and health.* [ed.] Wiley. 1997. pág. 108.

68. *Bicycle messengers: energy expenditure and exposure to air pollution.* **Bernmark, E., y otros.** 49, Nov. de 2006, *Ergonomics*, Vol. 14, págs. 1485-95.
69. **Departamento de Medio Ambiente del Reino Unido.** 2008 *Guidelines to Defra's GHG Conversion Factors: Methodology Paper for Transporte Emission Factors.*
70. **Bone, Bill.** Bill Bone Bike Law. [En línea] [Citado el: 28 de 10 de 2019.] <https://billbonebike-law.com/news-from-the-road/cycling-makes-way-outer-space/>.
71. *The energetics of cycling on Earth, Moon and Mars.* **Lazzer, S., Plaino, L. y Antonutto, G.** 111, Mar. de 2011, *Eur. J. Appl. Physiol.*, Vol. 3, págs. 357-66.
72. *Cycling on the Earth, in space, on the Moon.* **di Prampero, P.E.** 82, Aug. de 2000, *Eur. J. Appl. Physiol.*, Vols. 5-6, págs. 345-60.
73. *Bicycling injuries.* **Silberman, M.R.** 12, Sep-Oct de 2013, *Curr Sports Med Rep*, Vol. 5, págs. 337-45.
74. *An epidemiological analysis of overuse injuries among recreational cyclist.* **Wilber, C.A., y otros.** 16, Apr de 1995, *Int. J. Sports Med.*, Vol. 3, págs. 201-6.
75. *Common cycling injuries. Management and prevention.* **Mellion, M.B.** 11, Jan. de 1991, *Sports Med.*, Vol. 1, págs. 52-70.
76. *Hazards of bicycling: from handlebars to lightning.* **Cherington, M.** 20, 2000, *Semin. Neurol.*, Vol. 2, págs. 247-53.
77. *Cycling injuries.* **Cohen, G.C.** 39, Mar. de 1993, *Can. Fam. Physician.*, págs. 628-32.
78. *Environmental determinants of bicycling injuries in Alberta, Canada.* **Romanow, N.T., y otros.** Nov. de 2012, *J. Environ. Public Health.*
79. *Association of age and sex with intensity of exposure to bicycle use in Spain, 1993-2009.* **Martínez Ruiz, V., y otros.** 37, Jan-Apr. de 2014, *An. Sist. Sanit. Navar.*, Vol. 1, págs. 35-46.
80. [En línea] [Citado el: 18 de 09 de 2018.] <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/eu/45/37/64537.pdf>.
81. *Bicyclist deaths and striking vehicles in the USA.* **Ackery, A.D., McLellan, B.A. y Redelmeier, D.A.** 18, 2012, *Iny. Prev.*, págs. 22-26.
82. *A study of urban bicycling accidents.* **Tucci, J.J. y Barone, J.E.** 16, Mar-Apr. de 1988, Vol. 2, págs. 181-4.
83. *An international review of the single-bicycle crashes (SBCs) and their relation to bicycle modal share.* **Schepers, P., y otros.** 21, Apr. de 2015, *Inj. Prev.*, Vol. 1, págs. 138-43.
84. *The safety of urban cycle tracks: a review of the literature.* **Thomas, B. y DeRobertis, M.** 52, Mar. de 2013, *Accid. Anal. Prev.*, págs. 219-27.
85. *Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street.* **Lusc, A.C., y otros.** 17, Apr. de 2011, *Inj. Prev.*, Vol. 2, págs. 131-5.
86. *Asociación de la edad y el sexo con la intensidad de la exposición al uso de la bicicleta en España, 1993-2009.* **Martínez Ruiz, V., y otros.** 37, 2014, *A. Sist. Sanit. Navar.*, Vol. 1, págs. 35-46.
87. *Injury incidence rates of cyclists compared to pedestrians, car occupants and powered two-wheeler riders, using a medical registry and mobility data, Rhône County, France.* **Blai-zot, S., y otros.** 58, Sep. de 2013, *Accid. Anar. Prev.*, págs. 35-45.
88. *Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury.* 1997. **Rivara, F.P., Thompson, D.C. y Thompson, R.S.** 21, Feb. de 2015, *Inj. Prev.*, Vol. 1, págs. 47-51.
89. *Serious impact of handlebar injuries.* **Chemi-awsky, H., y otros.** 53, Jun. de 2014, *Clin. Pediatr. (Phila.)*, Vol. 7, págs. 672-6.
90. BIKEBIZ. [En línea] [Citado el: 29 de Aug. de 2018.] <https://www.bikebiz.com/business/fit-impactabsorbing-handlebars-on-kids-bikes-argue-us-docs>.
91. *Abdominal injuries involving bicycle handlebars in 219 children: results of 8-year follow-up.* **Dai, L.N., y otros.** 26, Nov. de 2014, *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.*
92. *Cervical spine positions and load moments during bicycling with different handlebar positions.* **Kolehmainen, I., Harms-Ringahl, K. y Lanshammart, H.** 4, May. de 1989, *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*, Vol. 2, págs. 105-10.

93. *The influence of handlebar-hands position on spinal posture in professional cyclist.* **Muyor, J.M.** Jul. de 2014, *J. Back Musculoskeletal Rehabil.* (en imprenta).
94. *Handlebar problems in bicycling.* **Richmond, D.R.** 13, Feb. de 1994, *Clinics in Sports Medicine*, Vol. 1, págs. 165-73.
95. *Biomechanical vibration of the abdominal region during running and bicycling.* **Rehrher, N.J. y Meijer, G.A.** 31, Jun. de 1991, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, Vol. 2, págs. 231-4.
96. *The effects of Surface-induced Loads on Forearm Muscle Activity During Steering a Bicycle.* **Arpinar-Avsar, Pinar, Birlik, Gülin y Soylu., Önder C. Sezgin & Abdullah R.** 12, Sept. de 2013, *J. Sports Sci. Med.*, Vol. 3, págs. 512-20.
97. *Field test with an instrumented bicycle for comfort measurements.* **Vanwallegheem, J., y otros.** 2, *J. Sci. Cycling.*, Vol. 3, pág. 70.
98. *Injury and illness during a multiday recreational bicycling tour.* **Towne, D.A., Barsotti, C. y Cromeans, M.** 16, 2005, *Wilderness Environ Med.*, Vol. 3, págs. 125-8.
99. *Injury incidence and predictors on a multiday recreational bicycle tour: The Register's Annual Great Bike Ride Across Iowa, 2004 to 2008.* **Boeke, P.S., House, H.R. y Graber, M.A.** 21, Sep. de 2010, *Wilderness Environ Med.*, Vol. 3, págs. 202-7.
100. *Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a french case-control study based on a road trauma registry.* **Amoros, E., y otros.** 18, Feb de 2012, *Inj. Prev.*, Vol. 1, págs. 27-32.
101. *Protective effect of different types of bicycle helmets.* **Hansen, K.S., Engesaeter, L.B. y Viste, A.** 4, Dec. de 2003, *Traffic Inj. Prev.*, Vol. 4, págs. 285-90.
102. *The BMJ opinion.* [En línea] 27 de 07 de 2011. [Citado el: 19 de 09 de 2018.] <https://blogs.bmj.com/bmj/2011/07/27/should-it-be-compulsory-for-adult-cyclists-to-wear-helmets/>.
103. *Bicycle Helmet Research Foundation.* [En línea] [Citado el: 19 de 09 de 2018.] <http://www.cyclehelmets.org/1025.html>.
104. *Bicycle helmet use and bicycling-related injury among young Canadians: an equity analysis.* **Davison, C.M., y otros.** Jul de 2013, *Int. J. Equity Health*, págs. 12-48.
105. *A descriptive study of bicycle helmet use in Montreal, 2011.* **Grenier, T., y otros.** Sep de 2013, *Can J Public Health*, pág. 104.
106. *Barriers to bicycle helmet use.* **Finnoff, J.T., y otros.** 108, Jul. de 2001, *Pediatrics.*, Vol. 1, pág. E4.
107. [En línea] [Citado el: 19 de 09 de 2018.] <https://www.slideshare.net/ConBici/ctc-el-uso-del-casco-27131039>.
108. *We are Cycling UK.* [En línea] [Citado el: 19 de 09 de 2018.] <https://www.cyclinguk.org/>.
109. *Bicycle helmet ventilation and comfort angle dependence.* **Brüwiler, P.A., y otros.** 92, Sep. de 2004, *Eur. J. Appl. Physiol.*, Vol. 6, págs. 698-701.
110. *Heat transfer variations of bicycle helmets.* **Brüwiler, P.A., y otros.** 24, Sep. de 2006, *J. Sports Sci.*, Vol. 9, págs. 999-1011.
111. *Bicycle helmet size, adjustment, and stability.* **Thai, K.T., McIntosh, A.S. y Pang, T.Y.** 16, 2015, *Traffic Inj. Prev.*, págs. 268-75.
112. *Severe street and mountain bicycling injuries in adults: a comparison of the incidence, risk factors and injury patterns over 14 years.* **Roberts, D.J., y otros.** 56, Jun. de 2013, *Can. J. Surg.*, Vol. 3, págs. E32-8.
113. *Ergonomic evaluation and redesign of children bicycles based on anthropometric data.* **Laos, S. y Giannatsis, J.** 41, May. de 2010, *Appl. Ergon.*, Vol. 3, págs. 428-35.
114. *Power, muscular work, and external forces in cycling.* **de Groot, G., y otros.** 37, Jan de 1994, *Ergonomics*, Vol. 1, págs. 31-42.
115. *The relation of oxygen intake and speed in competition cycling and comparative observations on the bicycleergometer.* **Pugh, L.G.** 241, Sep. de 1974, *J. Physiol*, Vol. 3, págs. 795-808.
116. *The optimal locomotion on gradients: walking, running or cycling?* **Ardigò, L.P. y Saibene, F. y Minetti AE.** 3-4, Oct de 2003, *Eur. J. Appl. Physiol.*, págs. 365-71.
117. **Lizarraga, K.** *Andar. Consideraciones técnicas para uso terapéutico, y curiosidades.* Bilbao : Diputación Foral de Bizkaia, 2014. 978-84-7752-560-8.
118. *Effect of trunk load on the energy expenditure of treadmill walking and ergometer cycling.* **Myo-Thein y Lammert, O. y Garby, L.** 54, 1985, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup Physiol.*, Vol. 1, págs. 122-4.

119. *The influence of speed, grade and mass during simulated off road bicycling.* **Berry, M.J., Koves, T.R. y Benedetto, J.J.** 31, Oct. de 2000, *Appl. Ergon.*, Vol. 5, págs. 531-6.
120. *Bicycle weight and commuting time: randomised trial.* **Groves, J.** 341, 2010, *B.M.J.*, pág. c6801.
121. **Alcalde, Y.** Ciclismo a fondo. [En línea] 08 de Sep. de 2017. [Citado el: 18 de 09 de 2017.] <http://www.ciclismoafondo.es/reportajes-ciclismo/articulo/influencia-real-peso-bicicleta-rendimiento-ciclismo>.
122. *The influence of body mass in endurance bicycling.* **Swain, D.P.** 26, Jan. de 1994, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 1, págs. 58-63.
123. *Identifying factors of bicycle comfort: an online survey with enthusiast cyclists.* **Ayachi, F.S., Dorey, J. y Guastavino, C.** 46, 2015, *Applied Ergonomics*, págs. 124-36.
124. Ciclismo a Fondo. [En línea] [Citado el: 28 de 09 de 2018.] <https://www.ciclismoafondo.es/calculadoras/regulacion>.
125. *Evaluation of the relationship between the body positioning and the postural comfort of non-professional cyclist: a new approach.* **Baino, F.** 51, Mar de 2011, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, Vol. 1, págs. 59-65.
126. *Comfort on bicycles and the validity of a commercial bicycle fitting system.* **H.H., Christiaans y Bremner, A.** 29, 1998, *Appl. Ergon.*, Vol. 3, págs. 201-11.
127. *Identifying factors of bicycle comfort: An online survey with enthusiast cyclists.* **Ayachi, F.S., Dorey, J. y Guastavino, C.** 46, Jan. de 2015, *Appl. Ergon.*, págs. 124-36.
128. *Saddle height effects on pedal forces, joint mechanical work and kinematics of cyclists and triathletes.* **Bini, R.R., Hume, P.A. y Kilding, A.E.** 14, 2014, *Eur J. Sport Sci*, Vol. 1, págs. 44-52.
129. *The effect of saddle position on maximal power output and moment generating capacity of lower limb muscles during isokinetic cycling.* **Vrints, J., y otros.** 27, Feb. de 2011, *J. Appl. Biomech.*, Vol. 1, págs. 1-7.
130. *Influence of saddle height on lower limb kinematics in well-trained cyclists: static vs. dynamic evaluation in bike.* **Ferrer-Roca, V., y otros.** 26, Nov. de 2012, *J. Strength Cond. Res.*, Vol. 11, págs. 3025-9.
131. *Effects of bicycle saddle height on knee injury risk and cycling performance.* **Bini, R., Hume, P.A. y Croft, J.L.** 6, Jun de 2011, *Sports Med*, Vol. 41, págs. 463-76.
132. *The influence of hamstring extensibility on preselected saddle height within experienced competitive cyclist.* **Hynd, J., Crowle, D. y Stephenson, C.** 2014, *Journal of Science and Cycling*.
133. *Effects of bicycle saddle height on knee injury risk and cycling performance.* **Bini, M., Hume, P.A. y Croft, J.L.** 6, Jun. de 2011, *Sports Medicine*, Vol. 41, págs. 463-476.
134. *Influence of positional biomechanics on gross efficiency within cycling.* **Bateman, J.** 2, 2014, *Journal of Science and Cycling*, Vol. 3.
135. *Effects of saddle height on pedal force effectiveness.* **Bini, R.R., Hume, P.A. y Croft, J.L.** 2011, *Procedia Engineering*, Vol. 13, págs. 51-55.
136. *Effect of variation in seat tube angle at different seat heights on submaximal cycling performance in man.* **Price, D. y Donne, B.** 4, Nov. de 1997, *Journal of Sports Sciences*, Vol. 15, págs. 395-402.
137. *The effect of bicycle seat-tube angle on lower extremity.* **Chia-Hsiang Chen, Ying-Hao-Huang, Tzyy-Yuang Shiang.** 2015, *J. Sci. Cycling*, págs. 28-32.
138. *Effects of changing seat height on bike handling.* **Fonda, B., y otros.** [ed.] 19. 3, Jul. de 2014, *J. Sci. Cycling*, Vol. 2.
139. *Biomechanics of cycling and factors affecting performance.* **Too, D.** 10, Nov. de 1990, *Sports Med.*, Vol. 5, págs. 286-302.
140. *Pedaling technique and energy cost in cycling.* **Leirdal, S. y Ettema, G.** 43, Apr. de 2011, Vol. 4, págs. 701-5.
141. *Effect of pedaling technique on mechanical effectiveness and efficiency in cyclists.* **Korff, T., y otros.** 6, 2007, *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 39, págs. 991-5.
142. *Influence of pedalling rate on the energy cost of cycling in humans.* **Mognoni, P.** 90, Sep. de 2003, *Eur. J. Appl. Physiol.*, Vols. 1-2, pág. 218.
143. *Oxygen cost of internal work during cycling.* **Francescato, M.P., Girardis, M. y di Prampero, P.E.** 72, 1995, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, Vols. 1-2, págs. 51-7.

144. *Comments on "Influence of pedalling rate on the energy cost of cycling in humans".* **Umberger, B.R.** 90, Sep. de 2003, Eur. J. Appl. Physiol., Vols. 1-2, págs. 219-20.
145. *Relationship between work load, pedal frequency, and physical fitness.* **Böning, D., Gönen, Y. y Maassen, N.** 5, Apr. de 1984, Int. J. Sports Med., Vol. 2, págs. 92-7.
146. *Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists.* **Chavarren, J. y Calbet, J.A.L.** 6, Oct. de 1999, Eur. J. Appl. Phys. and Occupational Physiology, Vol. 80, págs. 555-563.
147. *Effect of internal work on the calculation of optimal pedaling rates.* **Widrick, J.J., Freedson, P.S. y Hamill, J.** 24, Mar. de 1992, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 3, págs. 376-82.
148. *Performance at high pedaling cadences in well-trained cyclists.* **Mora-Rodriguez, R. y Aguiar-Jimenez, R.** 38, May. de 2006, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 5, págs. 953-7.
149. *Bicycle pedalling forces as a function of pedaling rate and power output.* **Patterson, R.P. y Moreno, M.I.** 22, Aug. de 1990, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 4, págs. 512-6.
150. *Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists.* **Chavarren, J. y Calbet, J.A.L.** 808, Oct de 1999, Eur. J. Appl. Physiol, págs. 555-563.
151. *The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists.* **Sanderson, D.J., Hennig, E.M. y Black, A.H.** 18, 2000, Journal of Sports Sciences, págs. 173-181.
152. *The relationship between cadence, pedalling technique and gross efficiency in cycling.* **Leirdal, S. y Ettema, G.** 111, Dec. de 2011, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 12, págs. 2885-93.
153. *Adjusted saddle position counteracts the modified muscle activation patterns during uphill cycling.* **Fonda, B., y otros, y otros.** 21, Oct. de 2011, J. Electromyogr. Kinesiol., Vol. 5, págs. 854-60.
154. *The effect of body position on the energy cost of cycling.* **Ryschon, T.W. y Stray-Gundersen, J.** 8, Aug. de 1991, Med. Sci. Sports Exerc., págs. 949-53.
155. *Effect of body position during cycling on heart rate, pulmonary ventilation, oxygen uptake and work output.* **Faria, I., Dix, C. y Frazer, C.** 18, Mar de 1978, J. Sports Med. Phys. Fitness, Vol. 1, págs. 49-56.
156. *Seated versus standing cycling in competitive road cycling: uphill climbing and maximal oxygen uptake.* **Tanaka, H., y otros.** 21, Apr. de 1996, Can. J. Appl. Physiol., Vol. 2, págs. 149-54.
157. *Effect of cycling position on oxygen uptake and preferred cadence in trained cyclist during hill climbing at various power outputs.* **Harnish, C., King, D. y Swensen, T.** 99, Mar de 2007, Vol. 4, págs. 387-91.
158. *Muscular activity during uphill cycling: effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways.* **Duc, S., y otros.** 18, Feb. de 2008, J. Electromyogr. Kinesiol., Vol. 1, págs. 116-27.
159. *Influence of road incline and body position on power-cadence relationship in endurance cycling.* **Emanuele, U y Denoth, J.** 112, Jul de 2012, Eur J Appl Physiol, Vol. 7, págs. 2433-41.
160. *Torso stabilization reduces the metabolic cost of producing cycling power.* **McDaniel, J., Subudhi, A. y Martin, J.C.** 30, Aug. de 2005, Can. J. Appl. Physiol., Vol. 4, págs. 433-41.
161. *Oxygen cost for cycling as related to leg mass in males and females, aged 20 to 80.* **Neder, J.A., y otros.** 21, May de 2000, Int. J. Sports. Med., Vol. 4, págs. 263-9.
162. *Influence of tyre pressure and vertical load on coefficient of rolling resistance and simulated cycling performance.* **Grappe, F., y otros.** Nov. de 1999, Ergonomics, Vol. 42, págs. 1361-71.
163. *Cycling on rollers: influence of tyre pressure and cross section on power requirements.* **Reiser, R., Watt, J. y Peterson, M.** 2, Jul. de 2003, Sports Biomech., Vol. 2, págs. 237-49.
164. **Bueno, P.** Ciclismo a fondo. [En línea] 2015. [Citado el: 9 de Marzo de 2017.] <http://www.ciclismoafondo.es/mecanica/Informes/articulo/todo-sobre-ruedas-bici-carretera>.
165. *The effect of tyre pressure on the economy of cycling.* **Ryschon, T.W. y Stray-Gundersen, J.** 36, Jun. de 1993, Ergonomics, Vol. 6, págs. 661-6.
166. *A new method to measure rolling resistance in treadmill cycling.* **Henchoz, Y., y otros.** 28, Aug. de 2010, J. Sports Sci., Vol. 10, págs. 1043-6.
167. *The influence of the tyre characteristics on measures of rolling performance during cross-country mountain biking.* **Macdermid, P.W., P.W., Fink y Stannard, S.R.** 33, 2015, J. Sports Sci., Vol. 3, págs. 277-85.

168. *Evaluation of aerodynamic and rolling resistances in mountain-bike field conditions.* **Bertucci, W.M., Rogier, S. y Reiser, R.F.** 31, 2013, Vol. 14, págs. 1606-13.
169. Orbea. [En línea] 14 de 11 de 2016. [Citado el: 13 de 09 de 2018.] <https://www.orbea.com/cl-es/blog/ventajas-de-las-ruedas-grandes-en-mtb>.
170. *The effect of wheel diameeter on vertical and horizontal mountain bike position.* **Phillips, S., y otros.** 2, J. Sci. Cycliing., Vol. 3, pág. 42.
171. *Energy cost and efficiency of riding aerodynamic bicycles.* **Capelli, C., y otros.** 67, 1993, Vol. 2, págs. 144-9.
172. *Energy expenditure during bicycling.* **McCole, S.D., y otros.** 68, Feb. de 1990, J. Appl. Physiol., Vol. 2, págs. 748-53.
173. *Comparing cycling world hour records, 1967 - 1996: modelling with empirical data.* **Bassett, D.R. Jr., y otros.** 31, Nov. de 1999, Med. Sci. Sports. Exerc., Vol. 11, págs. 1665-76.
174. *Influence of different racing positions on metabolic cost in elite cyclists.* **Gnehm, P., y otros.** 29, Jun. de 1997, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 6, págs. 818-23.
175. *A comparison between aero and standard racing handlebars during prolonged exercise.* **Berry, M.J., y otros.** 15, Jan. de 1994, Int. J. Sports Med., Vol. 1, págs. 16-20.
176. *Comparison of aero-bars versus traditional cycling postures on physiological parameters during submaximal cycling.* **Sheel, A.W., y otros.** 21, Feb. de 1996, Can. J. Appl. Physiol., Vol. 1, págs. 16-22.
177. *The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts.* **Hahn, A.G. y Gore, C.J.** 31, 2001, Sports Med., Vol. 7, págs. 533-57.
178. *Improving cycling performance: how should we spend our time an money.* **Jeukendrup, A.E. y Martin, J.** 31, 2001, Sports Med., Vol. 7, págs. 559-69.
179. *A model for optimizing cycling performance by varying power on hills and in wind.* **Swain, D.P.** 29, Aug. de 1997, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 8, págs. 1104-8.
180. *Factors affecting speed in human-powered vehicles.* **White, A.P.** 12, Oct. de 1994, J. Sports Sci., Vol. 5, págs. 419-21.
181. *Energy expenditure, aerodynamics and medical problems in cycling. An update.* **Faria, I.E.** 14, Jul. de 1992, Sports Med., Vol. 1, págs. 43-63.
182. *Modificaciones de la frecuencia cardiaca del ciclista en función de su posición en un grupo.* **Serra Ispizua, J. y Lizarraga Sáinz, K.** [ed.] Diputación Foral de Bizkaia-Bizkaiko Foru Aldundia. 1, 1988, Kirol Medikuntza - Medicina del Deporte, Vol. 1, págs. 23-26.
183. *The physiological effects of cycling on tandem and single bicycles.* **Seifert, J.G., Bacharach, D.W. y Burke, E.R.** 37, Feb. de 2003, Br. J. Sports Med., Vol. 1, págs. 50-3.
184. *Energy cost and mechanical efficiency of riding a human-powered recumbent bicycle.* **Capelli, C., y otros.** 51, Act. de 2008, Ergonomics., Vol. 10, págs. 1565-75.
185. *Imaging left ventricular tissue mechanics and hemodynamics during supine bicycle exercise using a combined tagging and phase-contrast MRI pulse sequence.* **Sampath, S., y otros.** 65, 2011, Magn. Reson. Med., Vol. 1, págs. 51-9.
186. *Gross mechanical efficiency of the combined arm-leg (Cruisier) ergometer: a comparison with the bicycleergometer and handbike.* **Simmelink, E.K., y otros.** 38, Mar. de 2015, Int. J. Rehabil. Res., Vol. 1, págs. 61-7.
187. *Effects of type and mode of propulsion on hand-cycling biomechanics in nondisabled sub-jetc.* **Faupin, A., Gorce, P. y Meyer, C.** 48, 2011, J. Rehabil. Res. Dev., Vol. 9, págs. 1049-60.
188. *Effects of backrest positioning and gear ratio on nondisabled subjets handcycling sprinting performance and kinematics.* **Faupin, A., y otros.** 45, 2008, J. Rehabil. Res. Dev., Vol. 1, págs. 109-16.
189. *Power output and metabolic cost of synchronous and asynchronous submaximal and peak level hand cycling on a motor driven treadmill in able-bodied male subjets.* **van der Woude, L.H., y otros.** 30, Jun. de 2008, Med. Eng. Phys., Vol. 5, págs. 574-80.
190. *Handcycling: different modes and gear ratios.* **Van der Woude, L.H., y otros.** 24, Nov-Dec de 2000, J Med Eng Technol, Vol. 6, págs. 242-9.
191. *Biophysical aspects of submaximal hand cycling.* **Bafghi, H.A., y otros.** 29, Aug de 2008, Int J Sports Med, Vol. 8, págs. 630-8.

192. *Handbybking: physiological responses to synchronous and asynchronous crank montage.* **Abel, T., y otros.** 1-8, Aug. de 2003, Eur. J. Sport Sci., Vol. 3.
193. *A physiological comparison of synchronous and asynchronous hand cycling.* **Dallmeijer, A.J., y otros.** 25, Nov. de 2004, Int. J. Sports Med., Vol. 8, págs. 622-6.
194. *Influence of crank rate in hand cycling.* **Verellen, J., Theisen, D. y Vanlandewijck, Y.** 36, Oct de 2004, Med Sci Sports Exerc, Vol. 10, págs. 1826-31.
195. *The influence of crank length and cadence on mechanical efficiency in hand cycling.* **Goosey-Tolfrey, V.L., Alfano, H. y Fowler, N.** 102, Jan de 2008, Eur J Appl Physiol, Vol. 2, págs. 189-94.
196. *Energy cost and mechanical efficiency of riding a four-wheeled, human-powered, recumbent vehicle.* **Zamparo, P., Capelli, C. y Cencigh, P.** 83, Dec. de 2000, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 6, págs. 499-505.
197. *The effects of mountain bike suspension systems on energy expenditure, physical exertion, and time trial performance during mountain bicycling.* **Seifert, J.G., y otros.** 18, Apr. de 1997, Int. J. Sports Med., Vol. 3, págs. 197-200.
198. *Bicycle shock absorption systems and energy expended by the cyclist.* **Nielens, H. y Lejeune, T.** 34, 2004, Sports Med., Vol. 2, págs. 71-80.
199. *Energy cost of riding bicycles with shock absorption systems on a flat surface.* **Nielens, H. y Lejeune, T.M.** 22, Aug. de 2001, Int. J. Sports Med., Vol. 6, págs. 400-4.
200. *Comparison of physiological responses and performance between mountain bicycles with differing suspension systems.* **Herrick, J.E., y otros.** 6, Dec. de 2011, Int. J. Sports Physiol. Perform., Vol. 4, págs. 546-58.
201. *Effects of front and dual suspensions mountain bike systems on uphill cycling performance.* **MacRae, H.S-H., Hise, K.J. y Allen, P.J.** 32, Jul. de 2000, Med. Sci. Sports. Exerc., Vol. 7, págs. 1276-80.
202. *Determinants of maximal cycling power: crank length, pedalling rate and pedal speed.* **Martin, J.C. y Spirduso, W.W.** 84, May. de 2001, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 5, págs. 413-8.
203. *Influencia sobre el rendimiento de los ciclistas de un nuevo concepto de eje pedalier excéntrico.* **Lizarraga, K., y otros.** 2, 1990, Kirol Medikuntza - Medicina del Deporte. Colección de trabajos de investigación, Vol. 2, págs. 46-53.
204. *Mechanical efficiency of cycling with a new developed pedal-crank.* **Zamparo, P., Minetti, A. y di Prampero, P.** 35, Oct. de 2002, J. Biomech., Vol. 10, págs. 1387-98.
205. *Enhancing cycling performance using an eccentric chainring.* **Hue, O., y otros.** 33, Jun. de 2001, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 6, págs. 1006-10.
206. *The performance and efficiency of cycling with a carbon fiber eccentric chainring during incremental exercise.* **Belen, L., y otros.** 47, Mar. de 2007, Vol. 1, págs. 40-5.
207. *Physiological response to cycling with both circular and noncircular chainrings.* **Hull, M.L., y otros.** 24, Oct. de 1992, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 10, págs. 1114-22.
208. *Influence of a new bicycle crank design on aerobic parameters of non-cyclist.* **Buscemi, S., y otros.** 52, Feb. de 2012, J. Sports Med Phys. Fitness, Vol. 1, págs. 47-52.
209. *Effect of the rotor crank system on Cycling performance.* **Jobson, S.A., y otros.** 8, Sep de 2009, J Sports Sci Med, Vol. 3, págs. 463-7.
210. *Plantar pressure of clipless and toe-clipped pedals in cyclist. A pilot study.* **Davis, A., y otros.** 1, 2011, Muscles, Ligaments and Tendons Journal, Vol. 1, págs. 20-24.
211. *Effect of toe clips during bicycle ergometry on VO2 max.* **Moffat, R.S. y Sparling, P.B.** 1, 1985, Research Quarterly for Exercise and Sport, Vol. 56, págs. 54-57.
212. **Romanishin, J.** Massachusetts Institute of Technology. [En línea] 2011. [Citado el: 08 de Agosto de 2018.] http://web.mit.edu/johnrom/www/design/publications/Romanishin_2671.pdf.
213. *Electromyography in cycling: difference between clipless pedal and toe clip pedal.* **Cruz, C.F. y Bankoff, A.D.P.** 4, 2001, Electromyography and clinical neurophysiology., Vol. 41, págs. 247-252.
214. *Is economy of competitive cyclists affected by the anterior-posterior foot position on the pedal?* **Van Sickle, J.R. Jr y Hull, M.L.** 40, Aug de 2007, J. Biomech, Vol. 6, págs. 1262-7.

215. *Some effects of knee angle and foot placement in bicycle ergometer.* **Mandroukas, K.** 30, Jun. de 1990, J. Sports Med. Phys. Fitness, Vol. 2, págs. 155-9.
216. *Efficiency of pedal forces during ergometer cycling.* **Ericson, M.O. y Nisell, R.** 9, Apr. de 1988, Int. J. Sports Med., Vol. 2, págs. 118-22.
217. *Risky riding: naturalistic methods comparing safety behavior from conventional bicycle riders and electric riders.* **Langford, B.C., Chen, J. y Cherry, C.R.** 82, Sep. de 2015, Accid. Anal Prev., págs. 220-6.
218. *Electrically assisted bicycles: health enhancement or "green" gadget?* **Welker, J., Cornuz, J. y Gojanovic, B.** 8, Jul. de 2012, Rev. Med. Suisse, Vol. 349, págs. 1513-7.
219. *The electrically assisted bicycle: an alternative way to promote physical activity.* **Louis, J., y otros.** 91, Nov. de 2012, Am. J. Phys. Med. Rehabil., Vol. 11, págs. 931-40.
220. *Biomechanical, cardiorespiratory, metabolic and perceived responses to electrically assisted cycling.* **Sperlich, B., y otros.** 112, Dec. de 2012, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 12, págs. 4015-25.
221. *Electric motor assisted bicycle as an aerobic exercise machine.* **Nagata, T., Okada, S. y Maki-kawa, M.** 2012, Conf. Proc IEEE Eng. Med. Biol. Soc., págs. 1933-5.
222. Bizkaia. Foru Aldundia - Diputación Foral. [En línea] [Citado el: 24 de 09 de 2018.] http://www.bizkaia.eus/home2/Temas/DetalleTema.asp?Tem_Codigo=10184&Idioma=CA&dpto_biz=8&codpath_biz=8|9778|196|10180|10184.
223. *Effect of air resistance on the metabolic cost and performance of cycling.* **Davies, C.T.** 45, 1980, Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol., Vols. 2-3, págs. 245-54.
224. [En línea] [Citado el: 19 de 01 de 2017.] <http://www.eoi.es/blogs/merme/bicicleta-y-energia/>.
225. **Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes.** *Estudio de la movilidad de la Comunidad Autónoma Vasca 2011.* [ed.] Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz : s.n., 2012.
226. **Ikertalde.** *Estudio de la Movilidad de la Comunidad Autónoma Vasca, 2016.* Euskao Jaurlaritza-Gobierno Vasco. s.l. : Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras, 2017. pág. 142.
227. *Bicycling policy indirectly associated with overweight/obesity.* **Suminski, R.R., y otros.** 47, Dec. de 2014, Am. J. Prev. Med., Vol. 6, págs. 715-21.
228. *Walking, cycling, and obesity rates in Europe, North America, and Australia.* **Bassett, D.R. Jr., y otros.** 5, Nov. de 2008, J. Phys. Act. Health., Vol. 6, págs. 795-814.
229. *Cycling in the city: an in-depth examination of bicycle lane use in a low-income urban neighborhood.* **Noyes, P., y otros.** 11 de Jan de 2014, Vol. 1, págs. 1-9.
230. **Paniagua, D., Rodriguez de Luis, R. y Solano, P.** Bizikleteroak. [En línea] [Citado el: 18 de 09 de 2018.] http://www.bizikleteroak.org/adjuntos/bizikleteroak2010Documentos/413_adjunto1.pdf.
231. *Active travel to work in NSW: trends over time and the effect of social advantage.* **Zander, A., Rissel, C. y Rogers, K. y Bauman, A.** 3, 25 de Dec de 2014, Health Promot. J. Austr., págs. 167-173.
232. *Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints.* **Heesch, K.C., Sahlqvist, S. y Garrard, J.** 9, 8 de Sep. de 2012, Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act., pág. 106.
233. *Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain.* **Molina-García, J., y otros.** 30, Jun. de 2015, Health Promot. Int., Vol. 2, págs. 350-8.
234. *Bicycling for transportation and health: the role of infrastructure.* **Dill, J.** 30 Suppl. 1, 2009, J. Public Health Policy, págs. S95-110.
235. *Built environment influences on healthy transportation choices: bicycling versus driving.* **Winters, M., y otros.** 87, Dec. de 2010, J. Urban Health, Vol. 6, págs. 969-93.
236. *Infraestructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review.* **Pucher, J., Dill, J. y Handy, S.** 50, Jan. de 2010, Prev. Med., Vol. Suppl 1, págs. S106-25.
237. ConBici. [En línea] 16 de 09 de 2018. [Citado el: 19 de 09 de 2018.] <https://conbici.org/noticias/rodalies-valencia-piensa-en-bici>.
238. *Promoting cycling: a review of interventions.* **Vuori, I.** 21, Nov. de 2011, Clin. J. Sport Med., Vol. 6, págs. 542-4.

239. *Motivations for active commuting; a qualitative investigation of the period of home or work relocation.* **C.H., Jones y Ogilvie, E.** 9, Sep. de 2012, *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, pág. 109.
240. *Inequalities in usage of a public bicycle sharing scheme: socio-demographic predictors of uptake and usage of the London (UK) cycle hire scheme.* **Ogilvie, F. y Goodman, A.** 55, Jul. de 2012, *Prev. Med.*, Vol. 1, págs. 40-5.
241. *Promoting transportation cycling for women: the role of bicycle infrastructure.* **Garrard, J., Rose, G. y Lo, S.K.** 46, Jan. de 2008, *Prev. Med.*, Vol. 1, págs. 55-9.
242. Deia.eus. [En línea] 19 de 09 de 2019. [Citado el: 28 de 10 de 2019.] <https://www.deia.eus/2019/09/19/bizkaia/bilbao/bilbao-amplia-la-red-de-bidegorris-con-un-nuevo-tramo-desde-dona-casilda>.
243. Bike to Work. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2018.] <https://www.biketowork.be/nl/overbiketowork>.
244. Kalapié. [En línea] [Citado el: 18 de 09 de 2018.] <http://kalapie.org/>.
245. *Safety in numbers in Australia: more walkers and bicyclist, safer walking and bicycling.* **Robinson, D.L.** 16, Apr. de 2005, *Health Promot. J. Austr.*, Vol. 1, págs. 47-51.
246. *Safety in numbers: more walkers and bicyclist, safer walking and bicycling.* **Jacobsen, P.L.** 9, Sep. de 2003, *Inj. Prev.*, Vol. 3, págs. 205-9.
247. *The safety of urban cycle tracks: a review of the literature.* **Thomas, B. y DeRobertis, M.** 52, Mar. de 2013, *Accid. Anal Prev.*, págs. 219-27.
248. *The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature.* **Reynolds, C.C., y otros.** 21, Oct. de 2009, *Environ Health*, págs. 8-47.
249. *An exposure based study of crash and injury rates in a cohort of transport and recreational cyclist in New South Wales, Australia.* **Poulos, R.G., y otros.** 78, May de 2015, *Accid. Anal Prev.*, págs. 29-38.
250. Oficina de la bicicleta de Granada. [En línea] 16 de 09 de 2016. [Citado el: 18 de 09 de 2018.] <https://enbicialtrabajo.wordpress.com/2016/09/16/analisis-sobre-el-proyecto-de-carril-bici-en-el-eje-arabial-palencia-y-propuesta-de-ciclocarril-30/>.
251. **Subdirección General de Seguridad Vial.** *Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento de carril bici.* [ed.] Dirección General de Tráfico. Madrid : s.n., 2001. pág. 250.
252. **Consejería de Fomento y Vivienda.** *Recomendaciones de diseño para las vías ciclistas en Andalucía (versión 11 de julio de 2013).* 2013. pág. 105.
253. **Departamento de Política Territorial i Obres Públiques.** *Manual para el diseño de vías ciclistas de Cataluña (versión castellana).* [ed.] Generalitat de Catalunya. Barcelona : s.n., 2008. pág. 103.
254. *Cycling Embassy of Denmark.* [En línea] [Citado el: 18 de 09 de 2018.] <http://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2013/12/Collection-of-Cycle-Concepts-2012.pdf>.
255. **CROW.** *Manual de diseño para el tráfico de bicicletas (versión en español).* [ed.] Herwinen Rik de Groot. s.l. : CROW, Ede, 2011. pág. 392.
256. **Secretaría Foral de la Bicicleta de Bizkaia - DBF.** *Manual-guía práctica sobre el diseño de vías ciclables. La bicicleta como medio de transporte. Directrices para su implantación.* [ed.] Diputación Foral de Bizkaia. 2002. pág. 124.
257. **Secretaría Foral de la Bicicleta de Bizkaia. Departamento de Desarrollo economico y Territorial DBF.** *Muévete con conciencia. Por una sana convivencia de usos en nuestras calles y carreteras.* [ed.] DBF - Diputación Foral de Bizkaia. 2017. pág. 28.
258. **Secretaría foral de la Bicicleta de Bizkaia - Departamento de Desarrollo Económico y Territorial. DFB.** *Bizkaia.eus.* [En línea] [Citado el: 04 de 10 de 2018.] http://www.bizkaia.eus/fitxategiak/07/Mediateka/6_Normativa%20circulacion%20ciclista_Resumen_cas.pdf?hash=c5f71438aa9e4d48b-93952cb777a9db8.
259. **Vicente, T. y Hormaetxe, I.** *La bicicleta como medio de transporte: puntos de vista de las personas usuarias y expertas.* [ed.] Gobierno Vasco. 2006. pág. 79. 84-457-2506-8.
260. **Sanz, A., y otros.** *Manual de las vías ciclistas de Gipuzkoa. Recomendaciones para su plani-*

ficación y proyecto. [ed.] Diputación Foral de Gipuzkoa. Departamento para el Desarrollo Sostenible. 2006. pág. 100.

261. *Pedestrian and bicycle plans and the incidence of crash-related injuries.* **Kerr, Z.Y., y otros.** 50, Jan de 2013, *Accid. Anal. Prev.*, págs. 1252-8.
262. *The relationship between visibility aid use and motor vehicle related injuries among bicyclists presenting to emergency departments.* **Hagel, B.E., y otros.** 65, Apr. de 2014, *Accid. Anal. Prev.*, págs. 85-96.
263. *The prevalence and reability of visibility aid and other risk factor data for uninjured cyclist and pedestrians in Edmonton, Alberta, Canada.* **Hagel, B.E., y otros.** 39, Mar. de 2007, *Accid. Anal. Prev.*, Vol. 2, págs. 284-9.
264. *The metabolic cost of operating a bicycle generator light.* **Langenfeld, M.E., y otros.** 45, Dec. de 2002, *Ergonomics*, Vol. 15, págs. 1117-20.
265. *Active commuting to and from school among Swedish children: a national and regional study.* **Johansson, K., Laflamme, L. y Hasselberg, M.** 22, Apr. de 2012, *Eur. J. Public Health*, Vol. 2, págs. 209-14.
266. *The bicycle: a developmental toy versus a vehicle.* **Agran, P.F. y Winn, D.G.** 91, Apr. de 1993, *Pediatrics*, Vol. 4, págs. 752-5.
267. *Cycling to school: a significant health risk?* **Kopjar, B. y Wickizer, T.M.** 1, s.l. : Dec., 1995, Vol. 4, págs. 238-41.
268. *Severe bicycling injury risk factors in children and adolescents: a case-control study.* **Hagel, B.E., y otros.** 78, May de 2015, *Accid. Anal. Prev.*, págs. 165-72.
269. *The effect of bicycling helmets in preventing significant bicycle-related injuries in children.* **Finvers, K.A., Strother, R.T. y Mohtadi, N.** 6, Apr. de 1996, *Clin. J. Sport Med.*, Vol. 2, págs. 102-7.
270. *Bicycle-related injuries among preschool children.* **Powell, E.C., Tanz, R.R. y DiScala, C.** 30, Sep. de 1997, *Ann. Emerg. Med.*, Vol. 3, págs. 260-5.
271. *Active transportation and adolescents* health: the Canadian Health Measures Survey.* **Larouche, R., y otros.** 46, May de 2014, *Am. J. Prev. Med.*, Vol. 5, págs. 507-15.
272. *How is active transport associated with children's and adolescents physical activity over time?* **Carver, A., y otros.** 14, Nov. de 2011, *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, pág. 126.
273. **Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras.** *Estudio de la movilidad de la Comunidad Autónoma Vasca 2016.* [ed.] Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz : s.n., 2017. pág. 142.
274. *The effectiveness of a bicycle safety program for improving safety-related knowledge and behavior in young.* **McLaughlin, K.A. y Glang, A.** 35, May. de 2010, *J. Pediatr. Psychol.*, Vol. 4, págs. 343-53.
275. *Teaching children about bicycle safety: an evaluation of the New Jersey Bike School program.* **Lachapelle, U., Noland, R.B. y Von Hagen, L.A.** 52, Mar. de 2013, *Accid. Anal. Prev.*, págs. 237-49.
276. *Effect of a bicycle safety program and free bicycle helmet distribution on the use of bicycle helmets by elementary school children.* **Watts, D., y otros.** 23, Oct. de 1997, *J. Emerg. Nurs.*, Vol. 5, págs. 417-9.
277. *Parent opinions about the appropriate ages at which adult supervision is unnecessary for bathing, street crossing, and bicycling.* **Porte, T.R., y otros.** 161, Jul. de 2007, *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.*, Vol. 7, págs. 656-62.
278. *Tykes and bikes: injuries associated with bicycle-towed trailers and bicycle-mounted child seats.* **Powell, E.C. y Tanz, R.R.** 154, Apr. de 2000, *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.*, Vol. 4, págs. 351-3.
279. *Active travel to work in New South Wales 1005-1010, individual characteristics and association with body mass index.* **Rissel, C., y otros.** 38, Feb. de 2014, *Aust. N. Z. J. Public Health*, Vol. 1, págs. 25-9.
280. *Pro Vêlo.* [En línea] [Citado el: 11 de 09 de 2018.] <https://www.provelo.org/fr/page/in-demnite-velo-avantages-employeur-travailleur>.
281. **Marion, A.** *Juritravail.* [En línea] [Citado el: 11 de 09 de 2018.] <https://www.juritravail.com/Actualite/Rembourser-frais-professionnels/Id/230621#prime-achat-vlo-assistance-lectrique-vae>.
282. *Agoria.* [En línea] [Citado el: 11 de 09 de 2018.] <https://www.agoria.be/fr/Utilisation-du-velo-sur-le-chemin-du-travail-enquete>.

- 283.** Sustrans. [En línea] [Citado el: 21 de Aug. de 2018.] <https://www.sustrans.org.uk/what-you-can-do/get-cycling/your-bike/bike-security>.
- 284.** Vitoria - Gasteiz. Sede Electrónica. [En línea] [Citado el: 19 de 09 de 2018.] <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/78/99/47899.pdf>.
- 285.** BiciRegistro. Red de Ciudades por la Bicicleta. [En línea] [Citado el: 19 de 09 de 2018.] <https://www.biciregistro.es/#/info/quees>.
- 286.** *Alcohol, bicycling, and head and brain injury: a study of impaired cyclists' riding patterns R1.* **Crocker, P., y otros.** 28, Jan. de 2010, Am. J. Emerg. Med., Vol. 1, págs. 68-72.



Kepa Lizarraga Sainz es Doctor en Medicina y Cirugía, especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte, e Investigador del Museo Vasco de Historia de la Medicina y la Ciencia (UPV-EHU).

