

¡CORRE *HOMO SAPIENS*, CORRE! EVOLUCIÓN, DISEÑO CORPORAL Y CARRERA DE RESISTENCIA



ANDRÉS PARODI FEYE

Instituto Superior de Educación Física (ISEF), Universidad de la República, Uruguay

Contacto: andresparodi2005@yahoo.com

ORCID: 0000-0003-3498-352X

CARLOS MAGALLANES MIRA

Instituto Superior de Educación Física (ISEF), Universidad de la República, Uruguay

Contacto: camagallanes@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9506-6947

Recibido: 21/06/2021

Aprobado: 01/03/2022

DOI: 10.28997/ruefd.v15i1.2

Resumen Durante su evolución, el género *Homo* necesitó utilizar variados gestos motrices para sobrevivir. Sin embargo, los humanos no somos particularmente ágiles, ni fuertes, ni veloces. Por el contrario, nuestro cuerpo presenta adaptaciones que llevan a hipotetizar que evolucionamos como corredores de resistencia. Esto, junto con la incorporación de una dieta de mayor calidad, serían los principales determinantes de nuestra supervivencia como especie. En este trabajo se describen las particularidades anatómicas presentes en *Homo sapiens* que sustentan esta hipótesis. Finalizamos con algunas reflexiones sobre la perspectiva evolutiva y el desafío que suponen las enfermedades crónicas en la actualidad.

Palabras clave: Carrera de resistencia. Diseño corporal. Evolución humana

RUN *HOMO SAPIENS*, RUN! EVOLUTION, BODY DESIGN AND ENDURANCE RUNNING

Abstract During its evolution, the genus *Homo* needed to use a variety of motor gestures to survive. However, we humans are not particularly agile, strong or fast. On the contrary, our bodies have adaptations that lead authors to hypothesize that we evolved as endurance runners. This, together with the incorporation of a higher quality diet, would be the main determinants of our survival as a species. This paper describes the anatomical particularities present in *Homo sapiens* that support this hypothesis. We conclude with some reflections on the evolutionary perspective and the challenge posed by chronic diseases today.

Keywords: Endurance running. Body design. Human evolution.



Introducción

“Mírate. Vas a crecer para ser un gran depredador. No me lo creo. ¿Qué es lo que tienes? Solo un parche de pelo, sin garras, sin colmillos (...) ¿qué es lo que te hace tan amenazante?” Con estas palabras Manny, el malhumorado mamut de la película “La era del hielo” (*Ice Age*, 2002), se dirigía a una cría humana de pocos meses de vida que reía inocentemente ante sus comentarios. Veinte mil años después los mamuts (*Mammuthus spp*) ya no caminan sobre la faz de la Tierra. Tampoco lo hacen las especies de animales que acompañaron a Manny en esta aventura: Sid, el perezoso gigante (*Megatherium spp*) y Diego, el tigre diente de sable (*Smilodon spp*). Sin embargo, *Homo sapiens* llegó a convertirse en el vertebrado que actualmente domina el planeta, hasta el punto de ser la principal amenaza para las demás especies e incluso para sí mismo. ¿Cómo es que un animal de apariencia grácil y débil, sin garras ni colmillos prominentes y relativamente lento en su desplazamiento pudo sortear durante miles de años las amenazas que atentan contra su supervivencia? Quizá una explicación, parcial pero plausible, esté en el hecho de que la evolución nos diseñó como grandes corredores de resistencia¹.

A pesar que nuestros ancestros paleolíticos en muchas ocasiones necesitaban saltar, trepar, reptar, cargar objetos pesados y esprintar, como especie no somos particularmente ágiles, ni fuertes, ni veloces. Como ejemplo, uno de nuestros

parientes evolutivos más cercanos, los chimpancés, nos superan fácilmente en estos tres aspectos (O'Neill et al., 2017). Los especímenes más veloces de la especie humana logran, luego de un largo y arduo entrenamiento, cubrir 100 metros llanos a una velocidad promedio apenas superior a los 36 km/h. No obstante, incluso estos increíbles atletas podrían ser vencidos fácilmente en una carrera de velocidad por la mayoría de los mamíferos terrestres, incluso por una ardilla. De hecho, un león promedio sería capaz de correr el doble de rápido y, además, mantener ese ritmo por varios minutos. Sin embargo, lo que nos destaca de otros mamíferos, incluyendo otros primates, es nuestra extraordinaria capacidad de correr largas distancias². Es decir, no evolucionamos para ser buenos velocistas, sino para ser excelentes corredores de resistencia³ (Broadbent, 2016; McDougall, 2011).

Se conocen diferentes culturas modernas de cazadores-recolectores que han utilizado la *caza de persistencia* como medio para subsistir, particularmente en ambientes calurosos y áridos. En ésta, un cazador o grupo de cazadores persiguen a una presa incesantemente durante varias horas o incluso más de un día, hasta que la misma cae completamente exhausta víctima de la hipertermia, luego de lo cual le dan muerte fácilmente. Esto es posible porque la velocidad de trote de resistencia de *Homo sapiens* es suficiente para hacer galopar a muchos cuadrúpedos, y como la mayoría de éstos no pueden jadear al galopar, se compromete su capacidad de termorregulación.

¹ Es ampliamente reconocido que *Homo sapiens* debe su supremacía como especie a un cerebro desproporcionadamente grande y complejo que, entre otras cosas, nos permitió la cooperación, división del trabajo y especialización. Sin embargo, esta característica solo fue posible luego que nuestra capacidad de caminar y correr largas distancias nos había brindado acceso a una dieta más variada y rica en proteínas y otros nutrientes (fundamentalmente proteínas de origen animal de alta calidad biológica). Se especula con que fue esto lo que permitió el inusitado desarrollo de dicho órgano (Rinzler, 2013), aunque el acceso a una dieta de mayor calidad también pudo haberse debido a la utilización del fuego para cocinar (Wranham, 2010). Dado que

con este cerebro más grande “nos hicimos humanos” (Ardrey, 1961), podemos metafóricamente mencionar que “correr largas distancias nos condujo a ser humanos”.

² Otra capacidad motora en la que nos destacamos, y para la cual hay evidencias de que hubo una presión selectiva positiva, es el lanzamiento (posiblemente relacionado al uso de herramientas). Los humanos podemos lanzar proyectiles como lanzas, piedras y pelotas de béisbol a gran velocidad y con extraordinaria precisión.

³ A pesar de lo que sostienen algunos entusiastas de programas de entrenamiento en los que predominan los ejercicios breves e intensos, y sin cuestionar los beneficios que puedan aportar dichos ejercicios, es claro que no hubo una presión selectiva para destacarnos en la realización de los mismos.



Esta estrategia ha sido descrita para la caza de diferentes animales, desde ciervos hasta canguros (Carrier, 1984). Se hipotetiza que la presión de selección evolutiva asociada a esta estrategia cinética ha sido clave en el incremento de la capacidad para correr largas distancias, en el género *Homo* en general y en nuestra especie en particular (Raichlen, Armstrong y Lieberman, 2011). En segunda instancia, aunque no menos importante, la carrera de fondo podría también haber servido, en su propósito original, para llegar antes que animales carroñeros a una presa muerta, o para escapar de las garras de eventuales depredadores (Bramble y Lieberman, 2004).

El propósito del presente artículo es revisar aquellas características morfológicas que determinarían nuestra extraordinaria capacidad como corredores de fondo⁴. Para tal propósito, comenzaremos analizando los pies, dirigiéndonos hacia craneal para finalizar con la cabeza. Nos limitaremos a señalar aquellas características que se han destacado como relevantes para la carrera, y que no se explicarían simplemente como un efecto colateral de la capacidad humana de caminar largas distancias.

1. Los pies

a) *Arco longitudinal del pie*: durante la carrera, particularmente en la primera parte de la fase de apoyo, energía gravitacional potencial y energía cinética son acumuladas temporalmente como energía elástica en estructuras de tejido conjuntivo. Dicha energía es luego liberada en la segunda fase de apoyo, ayudando a propulsar el cuerpo hacia arriba y adelante (Stearne et al., 2016). Este mecanismo ayuda a reducir el costo metabólico de la carrera, ahorrando trabajo mecánico a la musculatura esquelética activa (Rubenson et al., 2011).

El arco longitudinal del pie, estructura única del género *Homo*, ha sido identificado como un

mecanismo de acumulación y liberación de energía elástica durante la carrera (Langdon, 2005). Este arco debe ser maleable y flexible para poder adaptarse a superficies irregulares, pero a la vez tener suficiente rigidez como para poder actuar como una estructura propulsiva eficaz durante la carrera. Para esto, está conformado por cuatro capas a modo de elementos de soporte tensional (fascia plantar, músculos plantares intrínsecos, músculos plantares extrínsecos y ligamentos plantares) que actúan en conjunto con los elementos óseos del arco (Kirby, 2017). Se calcula que aproximadamente entre el 6% y el 17% (a menor y mayor velocidad, respectivamente) del trabajo mecánico de la carrera puede ser acumulado y liberado por esta estructura a medida que se estira y se encoge durante la fase de apoyo, contribuyendo de esta manera a la economía del gesto (Ker et al., 1987; Stearne et al., 2016). Comparativamente, otros primates carecen de una aponeurosis plantar (Vereecke et al., 2005).

b) *Arco transversal del pie*: estudios recientes han determinado que el arco transversal del pie también afecta la rigidez del mismo durante la fase de apoyo en la carrera. En este sentido, Venkadesan et al. (2020) determinaron que este arco, actuando a través de los tejidos inter-metatarsales, es responsable de más del 40% de la rigidez longitudinal del pie. La mayoría de los mamíferos terrestres adaptados para correr velozmente, tienen un pie rígido que les permite generar grandes velocidades. Por ejemplo, los ungulados tienen un reducido número de huesos y articulaciones, con lo que logran eliminar puntos débiles potenciales. Por otro lado, los primates adaptados para trepar deben tener pies capaces de adaptarse a una gran variedad de superficies, a expensas de una menor capacidad de soportar estrés. En los humanos, las características del pie son un mosaico entre las de ungulados y primates trepadores: durante la carrera, en la fase de contacto con el suelo su estructura es relativamente

⁴ Existen además características fisiológicas que apoyan la hipótesis de una presión selectiva para ser corredores de larga distancia, particularmente en condiciones de calor

(por ejemplo, la capacidad de termorregulación). En el presente texto nos limitamos a describir las características morfológicas.



móvil y flexible, lo que posibilita un mayor equilibrio al pisar superficies irregulares; durante la fase de despegue, el arco plantar adopta una configuración rígida que le permite actuar como brazo de carga para un rápido despegue.

c) *Articulación mediotarsiana*: para que el arco plantar actúe efectivamente como un resorte durante la carrera, es necesario que haya una rotación restringida en la articulación mediotarsiana, que permita el estiramiento pasivo de los ligamentos plantares durante el apoyo de la planta del pie. En humanos esto se verifica gracias a una marcada proyección o *pico* medial del hueso cuboides, que ocasiona una posición de *bloqueo* a nivel de la articulación calcáneo-cuboidea luego de algunos grados de rotación. Subsecuentemente en humanos el complejo calcáneo-cuboideo puede ser considerado como una unidad única y rígida durante la fase de apoyo media y tardía, algo muy importante para mantener el arco longitudinal a lo largo del ciclo (Bramble y Lieberman, 2004; Harcourt-Smith, 2002).

d) *Articulación metatarsofalángica*: en comparación con otros primates no humanos, el pie de *Homo sapiens* permite una mayor excursión en la dorsiflexión a nivel de la articulación metatarsofalángica en la última fase de apoyo del pie previo al despegue, particularmente a nivel de los dedos primero y segundo. Esto enfatiza el rol único del antepié humano como un sitio clave de palanca mecánica y transmisión de fuerzas, tanto durante la marcha como durante la carrera (Griffin et al., 2010).

e) *Hueso calcáneo*: la economía de carrera está fuertemente correlacionada con el brazo de palanca del tendón de Aquiles: brazos de palanca más cortos permiten mayor acúmulo y liberación de energía elástica, redundando en un descenso del gasto energético muscular. Incluso se ha determinado que el largo del brazo de palanca es más importante en este sentido que las propiedades mecánicas del tendón como tal (Miller y Gross, 1998). Comparado con otras especies del género *Homo*, particularmente *Homo neanderthalensis*, los humanos tienen una menor longitud relativa del hueso calcáneo en general y de la tuberosidad calcánea en particular, siendo esta última variable representativa del mencionado

brazo de palanca (Raichlen et al., 2011). Se ha demostrado experimentalmente que corredores con un menor brazo de momento del mencionado tendón presentan una economía de carrera superior (Scholz et al., 2008). Adicionalmente los humanos tienen una mayor área de sección transversal de la tuberosidad calcánea relativo a su masa corporal que los representantes del género *Australopithecus*, lo cual representaría una adaptación para soportar las fuerzas de impacto generadas durante la marcha y, particularmente, durante la carrera (Latimer y Lovejoy, 1989).

f) *Longitud del pie y de los dedos del pie*: en humanos, la longitud de los dedos del pie es extremadamente corta en relación con su masa corporal (Susman et al., 1983). Modelos biomecánicos sugieren que, durante la carrera, esto podría representar una ventaja energética. Falanges más largas en el *hallux* y, en cierta medida, en los dedos laterales incrementa la fuerza realizada por los flexores digitales y el trabajo mecánico, lo cual aumentaría el riesgo de lesión por sobreuso durante la carrera. De hecho, dedos de los pies tan solo 20% más largos que el promedio de la especie humana requieren fuerzas pico e impulsos cercanas al doble, probablemente con un costo metabólico incrementado para generar dichas fuerzas (Mattson, 2012; Rolian et al., 2009).

A esto se agrega que los humanos tienen pies relativamente cortos en comparación con otros primates. El pie humano representa tan solo el 9% de la masa total del miembro inferior, comparado con un 14% en chimpancés (Zihlman y Brunner, 1979), característica asociada con una mayor economía de carrera (Anderson, 1996).

g) *Hallux o primer dedo del pie*: es una característica de los primates no humanos que el *hallux* sea oponible a los demás dedos del pie, como sucede con el *pollex* o dedo pulgar. Sin embargo, el *hallux* de la especie humana tiene características únicas, ya que no solo es más robusto y fuerte, sino que además está permanentemente ubicado adyacente a los demás. Adicionalmente, y a diferencia de lo que se verifica en otros primates, la articulación entre el primer cuneiforme y el primer metatarsiano no permite un libre movimiento, siendo relativamente inmóvil. Esto se daría principalmente por dos motivos: por



un lado, la superficie articular es más aplanada, inhibiendo el movimiento; por otro lado, la inserción distal de los músculos tibial anterior y peroneo lateral largo (responsables de la abducción de este dedo en la mayoría de los primates), toma inserción en ambos huesos, de tal forma que no permiten el movimiento de abducción, pero en cambio estabilizan la mencionada articulación. Esto resulta fundamental en la fase de impulso (Langdon, 2005).

2. Los miembros inferiores (MMII)

a) *Morfología de las articulaciones*: los humanos, en términos relativos, poseen articulaciones en sus MMII (así como a nivel lumbosacro) excepcionalmente grandes para su tamaño corporal en comparación con otras especies animales, incluyendo otros primates. Esta característica no se verifica en los miembros superiores. La mayor superficie articular permite disipar las grandes cargas de impacto generadas durante la carrera, al distribuirlas en un área mayor (Jungers, 1988).

b) *Longitud y masa de los MMII*: en comparación con algunos de nuestros parientes evolutivos más cercanos (chimpancés, gorilas y orangutanes) *Homo sapiens* tiene MMII desproporcionadamente largos y livianos (Buschang, 1982; Lovejoy, 2005). Esta característica antropométrica representa una ventaja para la carrera de resistencia, como lo demuestra el hecho que los mejores atletas de esta disciplina tienden a tener miembros inferiores más largos y gráciles (Epstein, 2014; Wilber y Pitsiladis, 2012). Adicionalmente, en comparación con otras especies animales, el fémur de *Homo sapiens* es largo y colocado en posición casi vertical. Esto incrementa la longitud efectiva del miembro inferior, concomitantemente aumentando la amplitud de la zancada durante la carrera, mejorando la eficiencia energética. Otras características anatómicas asociadas al largo efectivo de dicho miembro son la rotación e inclinación pélvica (en el plano horizontal y frontal), y la extensión completa de la rodilla y flexión plantar del tobillo durante la fase de apoyo terminal del pie (Hogervorst y Vereecke, 2014).

c) *Tendones*: una característica estructural del cuerpo humano que beneficiaría la eficiencia energética durante la carrera de resistencia es la presencia de tendones largos *similares a resortes (spring-like)* a nivel de los MMII, que unen fibras musculares cortas a huesos de la pierna y el pie. Quizás el ejemplo más notorio sea el tendón de Aquiles, aunque podemos mencionar otros como la bandeleta iliotibial (Mattson, 2012). Esta característica no se verifica en otros primates (Payne et al., 2006).

d) *Glúteo mayor*: el músculo glúteo mayor en los humanos es notoriamente distinto del de otros primates. Esto incluye la expansión de su inserción proximal y un incremento de su tamaño relativo. En relación a la masa corporal, su tamaño es en promedio 60% mayor que el de los chimpancés. A su vez representa un 18,3% de la masa muscular total de la cadera, en comparación con 11,7% y 13,3% en chimpancés y gorilas, respectivamente. Estudios electromiográficos han demostrado que este músculo no juega un rol preponderante durante la marcha, pero sin embargo tiene un papel fundamental durante la carrera, extendiendo la cadera del lado del apoyo para ayudar a controlar la flexión anterior del tronco durante este gesto. El impacto del pie en el suelo determina una tendencia del muslo y del tronco a colapsar en flexión; el glúteo mayor en humanos está particularmente diseñado para evitar este efecto. Adicionalmente, durante la carrera de resistencia (aunque no necesariamente durante el *sprint*) el tronco tiende a estar inclinado hacia adelante aproximadamente 10° (Thorstensson et al. 1984); un glúteo mayor con un tamaño incrementado ayudaría a contrarrestar esta tendencia (Lieberman et al., 2006).

e) *Epífisis proximal del fémur*: se han descrito fundamentalmente dos tipos de articulaciones de la cadera en mamíferos: coxa recta y coxa rotunda. Esta última se encuentra en nuestros parientes evolutivos más cercanos: chimpancé, orangután y gorila. Por otra parte, la coxa recta se verifica en humanos así como en otros mamíferos caracterizados por ser buenos corredores, como los caballos y los antílopes. Se interpreta que esta



forma de cadera en *Homo sapiens* es una adaptación para la carrera de fondo, la cual requiere una articulación coxofemoral robusta, sin necesidad de grandes rangos de movimiento rotacional (Hogervorst et al., 2011). Adicionalmente, se verifica que *Homo sapiens* tiene el cuello femoral más corto en comparación con individuos del género *Pan* (ej. chimpancé) o del género *Australopithecus* (entre ellos *Australopithecus afarensis*, cuyo espécimen más popularmente conocido es AL 288-1 o Lucy). Si bien esto reduce la ventaja mecánica de los abductores de cadera como el glúteo medio, podría ser beneficioso para la carrera reduciendo, en términos biomecánicos, el momento de inclinación lateral de la pelvis (Bramble y Lieberman, 2004).

f) *Ancho de la cadera*: la disminución en el ancho de la cadera (distancia interacetabular) verificada en el género *Homo* permite reducir el momento de inclinación lateral a nivel de la pelvis y de la columna lumbar, generados en el gesto de la carrera al apoyar el pie. Esto determina una mayor eficiencia energética (Hinrichs, 1990).

3. El tronco

a) *Área de inserción para los erectores espinales*: en *Homo sapiens* se verifican áreas expandidas en el sacro y en la espina ilíaca pósterosuperior para la inserción de los grandes músculos erectores del raquis. Esta característica ayuda a contrarrestar la ya mencionada tendencia a la inclinación anterior del tronco durante la carrera, particularmente en el momento del impacto del pie con el suelo (Bramble y Lieberman, 2004).

b) *Capacidad dinámica de estabilizar el tronco*: durante la carrera, el miembro inferior que se balancea hacia delante genera fuerzas rotacionales desestabilizantes sobre el tronco que deben ser contrarrestadas por torques opuestos. Hay al menos tres características propias de *Homo sapiens* que le permiten generar este movimiento de contrabalanceo (Bramble y Lieberman, 2004). En primer lugar, una cintura angosta y elongada en comparación con otros primates le permite una rotación del tronco independiente de las caderas (Tattersall y Schwartz, 2008). En segundo lugar, en comparación con dos de sus parientes evolutivos más cercanos, el chimpancé

y el bonobo, el ser humano presenta una mayor independencia estructural a nivel de la cintura escapular, cuello y cabeza, minimizando la rotación axial de esta última. Los chimpancés tienen hombros más angostos y habitualmente más elevados, aunado a conexiones musculares más extensas que en el ser humano entre los hombros y el complejo cabeza-cuello (Barter, 1955). Esto tiende a impedir el movimiento independiente de rotación de hombros y brazos que permita contrabalancear el movimiento de los MMII al correr. Además, *Homo sapiens* tiene hombros relativamente más anchos que otros primates, lo cual incrementa el efecto mecánico del contrabalanceo generado por el movimiento de los miembros superiores durante la carrera (Aiello y Dean, 1990; Lieberman, 2011).

c) *Tamaño relativo del miembro superior y antebrazo*: en comparación con la masa corporal total, el tamaño relativo del antebrazo de *Homo sapiens* es un 50% menor que el de los chimpancés (Bramble y Lieberman, 2004; Zihlman y Bruner, 1979). Considerando que durante la carrera de resistencia los codos están permanentemente flexionados, esta característica humana permite un gran ahorro energético.

4. La cabeza

El gesto de carrera implica una gran tendencia a la inclinación anterior que se verifica fundamentalmente durante el impacto del pie en el suelo (Bramble y Lieberman, 2004). Sin embargo, los corredores humanos típicamente mantienen la velocidad angular de la cabeza por debajo de 140°/s, dentro del rango necesario para que el reflejo vestíbulo-ocular permita estabilizar la mirada. De hecho, *Homo sapiens* tiene mayor capacidad para controlar la inclinación de la cabeza durante la carrera a velocidades aeróbicas (2.5 a 6.5 m/s) que durante la caminata muy rápida (Lieberman, 2011). Varias características del cuerpo humano colaboran para contrarrestar dicha tendencia:

a) *Ligamento nuchal*: el ligamento nuchal es un tabique de tejido conectivo denso, fibroelástico, localizado en la línea media de la nuca (Alcocer et al., 2016). Se cree que una de sus funciones es



restringir la flexión de la columna cervical; de hecho, se ha determinado que la remoción de este ligamento determina un aumento de la amplitud de un 28% en el rango de dicho movimiento (Takeshita et al., 2004). Se ha postulado asimismo que este ligamento cobra significancia neurofisiológica al vincularse propioceptivamente con la musculatura posterior del cuello, permitiendo el control de la posición y movimiento de la cabeza (Fielding, Burstein y Frankel, 1976). De hecho, este ligamento se encuentra presente en especies de animales corredores como perros, caballos y conejos, mientras que está ausente en el chimpancé (Bianchi, 1989).

b) *Longitud facial, ubicación del foramen magno y lordosis cervical*: en posición erguida (como durante la carrera) la marcada lordosis cervical de *Homo sapiens* le permite colocar la cabeza encima del centro de gravedad del tronco, confiriendo estabilidad. Esta lordosis es mucho menos marcada en otros primates como el chimpancé, incluso estando en bipedestación. Adicionalmente, en primates no humanos y en animales cuadrúpedos el foramen magno se ubica cercano al extremo posterior de la base del cráneo. En humanos, este foramen está ubicado cerca del centro de su base. Estas características, junto con la reducción en la longitud del macizo facial verificada en esta especie, determina una reducción en la aceleración inercial de la cabeza durante la carrera (Bramble y Lieberman, 2004; Lieberman, 2011).

c) *Canales semicirculares verticales*: el radio de los canales semicirculares anterior y posterior es significativamente mayor en *Homo sapiens* que en sus parientes evolutivos del género *Pan* (chimpancés y bonobos). Dicho incremento en el radio potencia la habilidad para detectar aceleraciones rápidas (Yang y Hullar, 2007). Esto permitiría incrementar la percepción sensorial del movimiento de balanceo de la cabeza en el plano sagital durante la carrera, permitiendo de esta

forma un mayor control (Bramble y Lieberman, 2004; Lieberman, 2011).

Consideraciones finales

En este trabajo hemos revisado las características propias del diseño corporal humano que determinan nuestra extraordinaria capacidad, como especie, de correr largas distancias. Millones de años de evolución adaptaron nuestros cuerpos para el ejercicio físico, particularmente de resistencia. No parece casualidad que este tipo de actividad realizada en forma sistemática determine beneficios incluso a nivel neurofisiológico, mejorando el humor, la memoria y el aprendizaje (Wollseiffen et al., 2016).

A pesar de los enormes avances y beneficios del desarrollo tecnológico y cultural, nuestros cuerpos continúan siendo los de unos primates que hasta hace muy poco, en tiempos evolutivos, dedicaban varias horas al día a la realización de esfuerzos físicos. Sin embargo, a diferencia del sexo y del consumo de azúcar, hacia los cuales hubo una fuerte presión selectiva para que nos resulten placenteros, no parece haber habido una presión selectiva similar para disfrutar del ejercicio. ¿Por qué? Quizás porque realizar esfuerzos físicos no fue una opción sino una necesidad. Quizás porque fue imprescindible ahorrar energía cuando las calorías aportadas por los alimentos eran escasas. O probablemente una combinación de estas (y otras) razones.

Dicho de otra manera, si bien tiene sentido a la luz de la evolución⁵ que disfrutemos del descanso y las comodidades y no el esfuerzo físico (Lieberman, 2020), también tiene sentido desde la perspectiva evolutiva que, si deseamos enfrentar el desafío que actualmente nos impone la pandemia de las denominadas *enfermedades de la opulencia* (ej.: obesidad), el *desuso* (ej.: osteoporosis) y la *novedad* (ej.: lumbalgias), debamos construir estrategias personales y sociales que nos

⁵ En palabras de T. Dobzhansky (1973): "*Nothing in biology makes sense except in the light of evolution*" ("Nada tiene sentido en biología si no es a la luz de la evolución").



ayuden a ser físicamente más activos. ¿Cuáles serán las herramientas necesarias para construir dichas estrategias? ¿Facilitar, motivar, educar, obligar? El conocimiento de nuestra historia evolutiva es imprescindible para entender quiénes somos como especie, y en este sentido resulta necesario (aunque no suficiente) para encontrar respuestas adecuadas a estas preguntas.

Referencias bibliográficas

- Aiello, L. y Dean, C. (1990). *An introduction to human evolutionary anatomy*. London : Academic Press,.
- Anderson, T. (1996). Biomechanics and running economy. *Sports medicine*, 22(2), 76-89.
- Alcocer, J.L., Mora, J., Domínguez Gasca, L. G., y Domínguez Carrillo, L. G. (2016) Lesión grado IV del ligamento nuchal. *Acta médica Grupo Ángeles*, 14(4), 251-252. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032016000400251&lng=es&tlng=es
- Ardrey, R. (1961). *African genesis*. New Delhi : StoryDesign.
- Barter, J. T. (1955). *Comparative anatomy of the pectoral girdle and upper forelimb in man and the lower primates*. [Tesis de Maestría]. University of Arizona. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10150/551254>
- Bianchi, M. (1989). The thickness, shape and arrangement of elastic fibres within the nuchal ligament from various animal species. *Anatomischer Anzeiger*, 169(1), 53-66.
- Broadbent, R. (2016). *Endurance. The extraordinary life and times of Emil Zátopek*. London : Bloomsbury Publishing.
- Bramble, D. M., y Lieberman, D. E. (2004). Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*, 432, 345-352. doi: 10.1038/nature03052
- Buschang, P. H. (1982). The relative growth of the limb bones for Homo sapiens - As compared to anthropoid apes. *Primates*, 23(3), 465-468. doi 10.1007/BF02381330
- Carrier, D.R. (1984). The energetic paradox of human running and hominid evolution. *Current Anthropology*, 25(4), 483-495. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2742907>
- Epstein, D. J. (2014). *The sports gene: Inside the science of extraordinary athletic performance*. Nueva York : Penguin.
- Fielding, J. W., Burstein, A.H., y Frankel, V.H. (1976). The nuchal ligament. *Spine*, 1(1), 3-14.
- Griffin, N.L., D'Août, K., Richmond, B., Gordon, A., y Aerts, P. (2010). Comparative in vivo forefoot kinematics of Homo sapiens and Pan paniscus. *Journal of human evolution*, 59(6), 608-619. doi: 10.1016/j.jhevol.2010.07.017
- Harcourt-Smith, W. (2002). *Form and Function in the Hominoid Tarsal Skeleton*. [Tesis de Doctorado]. University College of London. Recuperado de <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1383046>
- Hinrichs, R. N. (1990) Biomechanics of Distance Running. En P. R. Cavanagh (ed.), *Biomechanics of distance running* (pp. 107-133). Champaign : Human Kinetics Books.
- Hogervorst, T., Bouma, H., De Boer, S. F., y De Vos, J. (2011). Human hip impingement morphology: an evolutionary explanation. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 93(6), 769-776. doi 10.1302/0301-620X.93B6.25149
- Hogervorst, T., y Vereecke, E.E. (2014). Evolution of the human hip. Part 1: the osseous framework. *Journal of hip preservation surgery*, 1(2), 39-45. doi: 10.1093/jhps/hnu013
- Jungers, W.L. (1988). Relative joint size and hominoid locomotor adaptations with implications for the evolution of hominid bipedalism. *Journal of Human Evolution*, 17(1-2), 247-265.
- Ker, R. F., Bennett, M. B., Bibby, S. R., Kester, R. C., y Alexander, R. (1987). The spring in the arch of the human foot. *Nature*, 325, 147-149. doi: 10.1038/325147a0



- Kirby, K. A. (2017). Longitudinal arch load-sharing system of the foot. *Revista Española de Podología*, 28(1), e18-e26. doi: 10.1016/j.repod.2017.03.003
- Langdon, J. H. (2005). *The Human Strategy: An Evolutionary Perspective on Human Anatomy*. New York ; Oxford : Oxford University Press.
- Latimer, B., y Lovejoy, C. O. (1989). The calcaneus of Australopithecus afarensis and its implications for the evolution of bipedality. *American Journal of Physical Anthropology*, 78(3), 369-386. doi: 10.1002/ajpa.1330780306
- Lieberman, D.E. (2011). *The Evolution of the Human Head*. Cambridge, Massachusetts :Harvard University Press.
- Lieberman, D. (2020). *Exercised: The Science of Physical Activity, Rest and Health*. London : Penguin Books.
- Lieberman, D. (2014). *The Story of the Human Body: Evolution, Health and Disease*. New York : Vintage Books.
- Lieberman, D.E., Raichlen, D.A., Pontzer, H., Bramble, D.M., y Cutright-Smith, E. (2006). The human gluteus maximus and its role in running. *Journal of Experimental Biology*, 209(11), 2143-2155.
- Lovejoy, C.O. (2005). The natural history of human gait and posture: Part 2. Hip and thigh. *Gait y posture*, 21(1), 113-124. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.06.010
- McDougall, C. (2011). *Born to run*. New York : Alfred A. Knopf.
- Mattson, M.P. (2012). Evolutionary aspects of human exercise - born to run purposefully. *Ageing research reviews*, 11(3), 347-352.
- Miller, J. A., y Gross, M. M. (1998). Locomotor advantages of Neandertal skeletal morphology at the knee and ankle. *Journal of biomechanics*, 31(4), 355-361. doi: 10.1016/s0021-9290(98)00031-1
- O'Neill, M.C., Umberger, B. R., Holowka, N. B., Larson, S. G., y Reiser, P. J. (2017). Chimpanzee super strength and human skeletal muscle evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(28), 7343-7348. doi: 10.1073/pnas.1619071114
- Payne, R. C., Crompton, R. H., Isler, K., Savage, R., Vereecke, E. E., Günther, M. M., Thorpe, S. K. y D'Août, K. (2006). Morphological analysis of the hindlimb in apes and humans. I. Muscle architecture. *Journal of anatomy*, 208(6), 709-724. doi: 10.1111/j.1469-7580.2006.00563.x
- Raichlen, D. A., Armstrong, H., y Lieberman, D. E. (2011). Calcaneus length determines running economy: implications for endurance running performance in modern humans and Neandertals. *Journal of human evolution*, 60(3), 299-308. doi: 10.1016/j.jhevol.2010.11.002
- Rinzler, C.A. (2013). *Leonardo's Foot. How 10 toes, 52 bones and 66 muscles shaped the human world*. Nueva York: Bellevue Literary Press.
- Rolian, C., Lieberman, D.E., Hamill, J., Scott, J. W., y Werbel, W. (2009). Walking, running and the evolution of short toes in humans. *Journal of Experimental Biology*, 212(5), 713-721. doi: 10.1242/jeb.019885
- Rubenson, J., Lloyd, D. G., Heliam, D. B., Bessier, T. F., y Fournier, P. A. (2011). Adaptations for economical bipedal running: the effect of limb structure on three-dimensional joint mechanics. *Journal of the Royal Society Interface*, 8(58), 740-755. doi: 10.1098/rsif.2010.0466
- Scholz, M.N., Bobbert, M.F., Van Soest, A.J., Clark, J.R., y van Heerden, J. (2008). Running biomechanics: shorter heels, better economy. *Journal of Experimental Biology*, 211(20), 3266-3271. doi: 10.1242/jeb.018812
- Stearne, S. M., McDonald, K. A., Alderson, J. A., North, I., Oxnard, C. E., y Rubenson, J. (2016). The foot's arch and the energetics



- of human locomotion. *Nature*, 6(1), 1-10. doi/10.1038/srep19403
- Susman, R. L. (1983). Evolution of the human foot: evidence from Plio-Pleistocene hominids. *Foot y ankle*, 3(6), 365-376. doi: 10.1177/107110078300300605
- Takeshita, K., Peterson, E.T., Bylski-Austrow, D., Crawford, A.H., y Nakamura, K. (2004). The nuchal ligament restrains cervical spine flexion. *Spine*, 29(18), E388-E393. doi: 10.1097/01.brs.0000138309.11926.72.
- Tattersall, I., y Schwartz, J.H. (2008). The morphological distinctiveness of Homo sapiens and its recognition in the fossil record: clarifying the problem. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 17(1), 49-54. doi: 10.1002/evan.20153
- Thorstensson, A., Nilsson, J., Carlson, H. y Zomlefer, M.R. (1984). Trunk movements in human locomotion. *Acta Physiologica Scandinavica*, 121(1), 9-22. doi: 10.1111/j.1748-1716.1984.tb10452.x.
- Venkadesan, M., Dias, M. A., Singh, D.K., Bandi, M. M. y Mandre, S. (2020). Stiffness of the human foot and evolution of the transverse arch. *Nature*, 579, 97-100. doi: 10.1038/s41586-020-2053
- Vereecke, E. E., D'Août, K., Payne, R., y Aerts, P. (2005). Functional analysis of the foot and ankle myology of gibbons and bonobos. *Journal of Anatomy*, 206(5), 453-476. doi: 10.1111/j.1469-7580.2005.00412.x
- Wilber, R. L., y Pitsiladis, Y. P. (2012). Kenyan and Ethiopian distance runners: what makes them so good? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 92-102. doi: 10.1123/ijsp.7.2.92
- Wollseiffen, P., Schneider, S., Martin, L.A., Kervé, H.A., Klein, T., y Solomon, C. (2016). The effect of 6 h of running on brain activity, mood, and cognitive performance. *Experimental brain research*, 234(7), 1829-1836. doi: 10.1007/s00221-016-4587-7
- Wranham, R. (2010). *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*. London : Profile Books.
- Yang, A., y Hullar, T. E. (2007). Relationship of semicircular canal size to vestibular-nerve afferent sensitivity in mammals. *Journal of Neurophysiology*, 98(6), 3197-3205. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1288-08.2008
- Zihlman, A.L. y Brunner, L. (1979). Hominid bipedalism: then and now. *Yearbook of Physical Anthropology*, 22, 132-162.