

Rendimiento físico en atletas veteranos: efectos del envejecimiento sobre la capacidad funcional fisiológica

Tanaka H, Seals DR.

J Appl Physiol 95: 2152-2162, 2003

La capacidad funcional fisiológica (PFC) se puede definir como la habilidad para realizar tareas físicas de la vida diaria, y la facilidad con que se realizan tales tareas. La PFC disminuye con el avance de la edad incluso en sujetos sanos, resultando una reducción de la capacidad para llevar a cabo ciertas tareas físicas. Esto puede dar como resultado eventualmente un aumento de la incidencia de la discapacidad funcional, aumento de la utilización de los sistemas de salud, pérdida de independencia y reducción de calidad de vida.

Ya que no podemos modificar las demandas físicas de nuestra vida diaria, una reducción de la PFC significará que los trabajadores de más edad realizan su jornada de trabajo a intensidades más cercanas a su máxima capacidad, y esto podría tener su consecuencia en afecciones cardíacas, fatiga crónica y otros problemas de salud (ej. ortopédicos).

Cambios en el rendimiento físico máximo con la edad

Modelo experimental. La determinación de los efectos del envejecimiento biológico *per se* sobre la PFC en humanos es muy difícil, ya que la interpretación es confusiva con las reducciones correspondientes en los niveles de actividad física (descondicionamiento), cambios en la composición corporal (ej. aumento de la grasa corporal y reducción de la masa libre de grasa) y desarrollo de enfermedades crónicas, entre otros, que disminuyen la PFC independientemente de los procesos de envejecimiento. Debido a tales limitaciones, una aproximación novedosa para determinar los efectos del envejecimiento en el rendimiento máximo de ejercicio en humanos es determinar los cambios en el rendimiento máximo con la edad en sujetos altamente entrenados y atletas de competición. Así, los cambios observados con el avance de la edad reflejarán más certeramente el resultado del envejecimiento fisiológico.

Rendimiento de carrera y envejecimiento. El rendimiento en la carrera de resistencia disminuye con la edad de manera curvilínea (**Fig. 1**). Específicamente, el rendimiento se mantiene hasta los 35 años aproximadamente, luego disminuye ligeramente hasta los 50-60 años, para descender muy significativamente a partir de esa edad. Este descenso en el rendimiento es hasta 3 veces mayor en mujeres en comparación con los hombres, con las mayores diferencias a partir de los 60 años. Esto puede ser debido a factores biológicos y a influencias sociológicas (existe menor número de corredoras mayores de edad).

Tareas específicas. El rendimiento en natación disminuye con el avance de la edad de manera curvilínea, tanto en hombres como en mujeres (**Fig. 2**). Pero

el patrón es distinto al encontrado en la carrera de larga distancia. Así, la magnitud de la reducción total en el rendimiento de natación con el avance de la edad es un 30% menor que el observado en el rendimiento de carrera. Además, la edad en la que el descenso se produce de manera exponencial ocurre más tarde en natación (~70 años) en comparación con la carrera (~60 años). Esos resultados soportan la idea de que los cambios en el rendimiento asociados a la edad dependen de la actividad desarrollada.

Las razones de estas diferencias específicas de la tarea motriz desarrollada, puede estar relacionada con el hecho de que el rendimiento en natación está más relacionado con aspectos biomecánicos que la carrera. Otra posible explicación puede ser la menor incidencia de lesiones del aparato locomotor en el entrenamiento de natación. Otra posibilidad es que debido a que el entrenamiento de natación se basa esencialmente en los intervalos, se pueda conservar una mayor intensidad de entrenamiento con el avance de la edad.

Interacciones edad-sexo en el rendimiento. En un estudio transversal realizado por Tanaka y Seals en 1997 los autores observaron que la tasa de descenso del rendimiento en natación con la edad es mayor en mujeres que en hombres (Fig. 2). Sin embargo, más tarde Donato y col en 2003 en un estudio de diseño longitudinal observaron que las diferencias ligadas al género solo fueron evidentes en eventos de corta duración (sprint), pero no en los de larga duración (resistencia)(Fig. 3). Es posible pues, que el descenso en el rendimiento de actividades de sprint y resistencia ocurra en diferentes momentos en hombres y en mujeres.

Las diferencias del rendimiento ligadas al género en natación fueron más amplias en carreras de corta duración y menores según aumentaba la distancia a cubrir (Fig. 4). Esta dependencia de la duración de la actividad no ha sido observada en carrera u otros deportes (Fig. 4). Una explicación fisiológica de las pequeñas diferencias en el rendimiento de larga distancia en natación puede ser que el costo de oxígeno de la natación es más bajo (más económico) para mujeres que para hombres, como resultado de su menor tamaño corporal, menor densidad (flotan mejor), mayor % grasa corporal y piernas más cortas (posición más horizontal al nadar). Irónicamente, esos factores fisiológicos limitan el rendimiento de las mujeres en otros deportes.

Es tentador hipotetizar que las diferencias debidas al género irán disminuyendo conforme aumente la distancia a recorrer, y siguiendo un modelo de extrapolación de regresión lineal podríamos suponer que al llegar a los ~25 km (Fig. 5) la mujer superaría al hombre. Hay tres importantes hechos que apoyan esta hipótesis: Primero, en uno de los últimos campeonatos de triatlón *Ironman*, la diferencia entre géneros en la prueba de natación fue de <1% (en carrera y bicicleta fue de >10%). Segundo, la mejor marca en la travesía del Canal de la Mancha ha sido de una mujer durante muchos años. Tercero, el record *Guinness* para la distancia mayor de nado en mar si paradas lo ostenta una nadadora australiana en 198 km en 38 h y 33 min.

Factores involucrados en el descenso del rendimiento físico con la edad. Con respecto al envejecimiento en sí, no está claro porque aparece un descenso tan acusado después de los 60-70 años de edad, como se ha observado en carrera y ciclismo. Es tentador especular que los principales cambios en el envejecimiento fisiológico ocurren alrededor de los 60-70 años, lo que influirá decisivamente en el rendimiento físico. Quizás también en esta edad acontezcan modificaciones de comportamiento, como descenso de la motivación para entrenar a alto nivel. En este sentido, se sabe que la reducción de la actividad física espontánea con el envejecimiento es característica de muchas especies de animales como insectos, roedores y humanos.

Mecanismos fisiológicos relacionados con el descenso del rendimiento físico asociado a la edad

Máxima capacidad aeróbica. Se está de acuerdo en que el $VO_2\text{max}$ es el principal determinante del rendimiento de resistencia, ya que establece el límite máximo de producción de energía a través de la vía oxidativa. Distintas investigaciones han encontrado una relación inversa entre el $VO_2\text{max}$ y la edad en sujetos altamente entrenados. No obstante, parece que el descenso del rendimiento es ligeramente menor que la caída en el $VO_2\text{max}$. Esto podría ser explicado por un menor descenso relacionado con la edad de otros determinantes del rendimiento físico, como el umbral láctico y la economía de ejercicio.

Umbral láctico. El descenso de los valores del umbral láctico contribuye sin duda al descenso del rendimiento de resistencia asociado a la edad. Así, el rendimiento de 5 km corriendo, se asoció al valor del $VO_2\text{max}$ y a la velocidad correspondiente al umbral láctico en corredores de 21 a 69 años de edad. Las mujeres parecen mostrar un comportamiento similar (Fig. 6). Parece que la reducción del umbral láctico contribuye al descenso del rendimiento de resistencia hasta la edad media de la vida, mientras que las reducciones del $VO_2\text{max}$ parecen contribuir más al descenso del rendimiento en edades más avanzadas.

En cualquier caso, al expresar el umbral láctico en relación al $VO_2\text{max}$ ($\%VO_2\text{max}$) los valores no parecen modificarse con la edad. Por tanto, el descenso del $VO_2\text{max}$ parece condicionar, al menos en parte, la contribución del descenso del umbral láctico en el declinar del rendimiento de resistencia.

Economía de ejercicio. La economía del ejercicio se puede definir como el costo de oxígeno del ejercicio a una velocidad dada. Se conoce muy poco acerca de la contribución de la economía del ejercicio en el descenso del rendimiento de resistencia asociado a la edad. Los estudios realizados, no obstante, no ofrecen diferencias significativas en la economía de carrera entre atletas jóvenes y mayores (35-70 años), lo que parece indicar que las reducciones de la economía de carrera contribuyen escasamente al descenso del rendimiento observado.

En resumen, la progresiva reducción del $VO_2\text{max}$ parece el mecanismo primario principal asociado al descenso del rendimiento en la carrera de resistencia según avanza la edad.

Realización habitual de ejercicio físico y máxima capacidad aeróbica

El descenso del $VO_2\text{max}$ asociado a la edad tiene implicaciones funcionales y clínicas, a asociarse con un aumento de riesgo de mortalidad cardiovascular y de todas las causas, así como reducciones significativas en la función intelectual, calidad de vida e independencia. Debido a esto, los factores del estilo de vida que pueden afectar al declinar del $VO_2\text{max}$ con el avance de la edad son de interés de la salud pública.

Con respecto a la realización de actividades aeróbicas de manera habitual, las investigaciones realizadas han señalado que el descenso del $VO_2\text{max}$ con la edad es menor en atletas varones de resistencia que en sedentarios. No obstante, otras investigaciones han observado que la tasa de descenso del $VO_2\text{max}$ en mujeres activas físicamente fue mayor que en mujeres sedentarias.

Recientes hallazgos en mujeres atletas.- FitzGerald y col, 1997 utilizando un diseño de meta-análisis, observó en contra de lo publicado hasta entonces, que la tasa de descenso del $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min/año) con la edad fue más acusado en atletas de resistencia, seguido de mujeres físicamente activas, teniendo el menor descenso el grupo de mujeres sedentarias (**Fig.7**). Al expresar el descenso en términos relativos en relación a los valores de los ~25 años, la tasa de descenso fue similar en los tres grupos.

Tanaka y col, 1987, estudiaron un total de 156 mujeres sanas no obesas. En el grupo había mujeres entrenadas en resistencia y mujeres de hábitos sedentarios. También aquí, la mayor tasa de descenso del $VO_2\text{max}$ se obtuvo en las mujeres entrenadas en comparación con las sedentarias (**Fig.8**). Nuevamente, la tasa de descenso expresada en términos relativos fue similar en ambos grupos.

Eskurza y col, 2002 realizan un estudio longitudinal de 7 años de seguimiento en 8 mujeres sedentarias y 16 entrenadas en resistencia. Igual que en anteriores estudios transversales, los resultados mostraron que la tasa absoluta de descenso en los valores de $VO_2\text{max}$ fueron 2 veces mayor en entrenadas que en sedentarias, pero estas diferencias desaparecieron al expresar el descenso en términos relativos (**Fig.9**).

Recientes hallazgos en hombres atletas. En contraste a los hallazgos en las mujeres, un meta-análisis realizado en hombres indicó ausencia de diferencias en la tasa de descenso de los valores absolutos de $VO_2\text{max}$ entre atletas de resistencia y sedentarios.

Pimentel y col, 2003 realizaron un estudio transversal, observando que la tasa de descenso del $VO_2\text{max}$ en términos absolutos, pero no relativos, era mayor

en atletas que en sedentarios. Estos resultados están en la línea de resultados de estudios longitudinales recientes (21,42,56) que han encontrado los mismos resultados.

Mecanismos que subyacen en el mayor descenso de los valores absolutos de VO₂max con la edad en adultos entrenados en resistencia aeróbica

Varios argumentos pueden ser realizados para tratar de justificar las mayores tasas de descenso del VO₂max con la edad en atletas entrenados en resistencia.

Efecto valores basales.- Esto es, los sujetos con mayores valores de VO₂max, como los jóvenes, experimentan un mayor descenso de los mismos con la edad. Cuando el efecto de valor basal se suprime (al expresar los cambios en términos relativos -%), la diferencia en la tasa de descenso entre entrenados y sedentarios desaparece.

Una analogía a lo anterior se da entre hombres y mujeres. Los hombres tienen mayores valores de VO₂max de jóvenes que las mujeres, y experimentan un mayor descenso con la edad que las mujeres; sin embargo, al expresar estos cambios en términos relativos (cambios desde los valores de la juventud) estas diferencias no son tan evidentes.

Descenso en el estímulo del entrenamiento.- Un segundo argumento se refiere al descenso del volumen e intensidad del entrenamiento con el avance de la edad (*estímulo de entrenamiento*). Un estudio reciente (13) observó en un seguimiento de 7 años, que el mayor descenso en el VO₂max en mujeres corredoras de resistencia, en relación a las sedentarias, se daba en aquellas en las que más disminuía el entrenamiento. Así, las mujeres que mantuvieron el volumen de entrenamiento en el periodo de seguimiento tuvieron reducciones del VO₂max similares a las observadas en mujeres sanas sedentarias (Fig.10). Los resultados sugieren que el mayor descenso en el VO₂max con la edad en deportistas de resistencia puede estar mediado, al menos en parte, por un descenso marcado de su nivel de entrenamiento.

Cambios en el peso corporal.- Es posible que el aumento del peso con el paso de los años, justifique parte del descenso del VO₂max al expresarlo referido al peso corporal (ml/kg/min). Sin embargo, no parece que este sea el caso, ya que la masa corporal y la masa libre de grasa se mantuvo con el paso de los años en atletas de resistencia, mientras que los adultos sedentarios aumentaron significativamente su masa corporal y su porcentaje de grasa corporal con la edad. Estos hechos deberían llevar a un descenso mayor del VO₂max (ml/kg/min) en sedentarios que en atletas.

Determinantes fisiológicos.- Se ha hipotetizado que el descenso del VO₂max tanto en entrenados como en sedentarios estaría relacionado con la disminución fisiológica de la frecuencia cardíaca máxima. Pero se ha demostrado que el entrenamiento físico no hace descender más la frecuencia

cardiaca que el estado sedentario, no justificando por tanto que en los primeros el descenso del $VO_2\text{max}$ sea mayor.

Otros factores, como el descenso del volumen sistólico máximo ó la capacidad oxidativa muscular pueden tener también su protagonismo. En este sentido distintos estudios han demostrado que el descenso del volumen sistólico máximo es un 60% mayor en atletas de resistencia entrenados que en sedentarios sanos. En resumen, los resultados son consistentes con la hipótesis de que la tasa absoluta de descenso del $VO_2\text{max}$ en atletas de resistencia aeróbica está mediado por un mayor descenso del volumen sistólico máximo, y por tanto, del gasto cardiaco.

Perspectivas

- La capacidad de rendimiento físico aeróbico desciende modestamente entre los 35-40 años de edad, manteniéndose el rendimiento más o menos hasta los 60-70 años, donde el descenso es exponencial. Cuando se observa un descenso importante del rendimiento antes de esa edad, es probable que sea atribuible a los efectos de la enfermedad, estilos de vida negativos (tabaquismo, sedentarismo, obesidad...) y/o factores genéticos no favorables.

El descenso del rendimiento a partir de los 60-70 años está mediado por factores intrínsecos fisiológicos.

- Las reducciones del rendimiento asociadas a la edad parecen mayores en las mujeres. Pero esto solo es cierto en determinadas acciones o actividades (carrera de resistencia), mientras que en otras (natación de resistencia) estas diferencias prácticamente no existen.

Influencias no biológicas (ej. factores sociológicos que actúan reduciendo la actividad física) pueden justificar algunas de estas diferencias.

- Los valores del $VO_2\text{max}$ son importantes en la reducción del rendimiento, de manera que el mantenimiento de los valores del $VO_2\text{max}$ podría minimizar el descenso del rendimiento.

Es posible que en los mayores de edad sea necesario el entrenamiento de alta intensidad (y no el de baja y moderada intensidad como se recomienda ahora) para poder llegar a preservar la potencia aeróbica máxima y con ello el rendimiento de actividades aeróbicas.

- Aquellas personas que mantienen el volumen de entrenamiento reducen el descenso de su capacidad aeróbica máxima a la misma tasa que ocurre en los sedentarios. Por el contrario, en los entrenados que disminuyen el volumen de entrenamiento se produce una reducción más acelerada en los valores del $VO_2\text{max}$ respecto a los sedentarios.

A pesar de que la tasa en la reducción del $VO_2\text{max}$ con el envejecimiento es mayor en los atletas entrenados en resistencia que disminuyen significativamente su nivel de entrenamiento, respecto a los sedentarios sanos, en conjunto los sujetos físicamente activos mantienen una mayor capacidad funcional y un riesgo menor de padecer enfermedades crónicas, lo que abunda en la necesidad de realizar regularmente actividad física para mantener la salud y la calidad de vida en el envejecimiento.