



Universidad de Valladolid

ESCUELA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA

“DR. SALA DE PABLO”

SORIA

GRADO EN ENFERMERÍA

Trabajo Fin de Grado

**ADAPTACIONES CARDIOVASCULARES AL
EJERCICIO FÍSICO EN PERSONAS SANAS**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Estudiante: DÉBORA J. VELA RAMOS

Tutelado por: FRANCISCO J. NAVAS CÁMARA

Soria, 1 de septiembre de 2014

ÍNDICE

Resumen.....	3
1. Introducción.....	5
1.1. Concepto de ejercicio físico.....	5
1.2. Tipos de ejercicio físico.....	5
1.3. Datos epidemiológicos.....	6
1.4. Marco teórico.....	8
1.5. Justificación.....	13
1.6. Objetivos.....	14
2. Metodología.....	14
3. Resultados.....	16
4. Discusión.....	19
4.1. Gasto cardiaco.....	19
4.2. Corazón de atleta.....	21
4.3. Vascularización.....	22
4.4. Presión arterial.....	27
4.5. Envejecimiento.....	27
4.6. Frecuencia e intensidad de ejercicio.....	30
4.7. Programa para la promoción del ejercicio físico.....	30
5. Conclusiones.....	32
6. Bibliografía.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nº de defunciones según la causa de la muerte en España.....	7
Tabla 2. Nº de defunciones según la causa de la muerte a nivel mundial.....	8
Tabla 3. Estrategia de búsqueda y resultados de la búsqueda bibliográfica.....	15
Tabla 4. Artículos seleccionados en la búsqueda bibliográfica.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Adaptaciones ventriculares según el tipo de ejercicio.....	22
Figura 2. Cambios en la luz vascular y el espesor de la pared en las arterias carótida y periféricas.....	26

RESUMEN

Diferentes estudios han demostrado la repercusión que tiene la actividad física sobre la salud de las personas debido a las adaptaciones fisiológicas que induce. Pero de entre todas las adaptaciones fisiológicas que se producen a causa de la práctica de ejercicio físico nos centraremos en las adaptaciones cardiovasculares, ya que el ejercicio físico está relacionado en gran medida con la prevención de enfermedades cardiovasculares y es una pieza clave durante el tratamiento y la rehabilitación de las mismas.

JUSTIFICACIÓN. Desde enfermería se puede abordar este tema debido a la relevancia para la salud que tiene la práctica de ejercicio, no sólo por mejorar el estado de salud de las personas sanas y prevenir futuras enfermedades sino también para contrarrestar los efectos de enfermedades como la diabetes, la hipertensión e incluso las enfermedades cardiovasculares. Por lo tanto, una enfermera puede proporcionar educación para la salud sobre los beneficios asociados a la práctica de ejercicio físico a aquellos pacientes que se lo demanden o que lo necesiten, previniendo posibles alteraciones de la salud en un futuro o disminuyendo el impacto de la enfermedad sobre la salud.

OBJETIVO. Realizar una síntesis de los hallazgos de los últimos 5 años sobre las adaptaciones cardiovasculares que se producen como respuesta al ejercicio físico en personas sanas.

METODOLOGÍA. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo entre los meses de marzo y abril de 2014 en Pubmed, Cochrane Library, BVS, Cuiden y Scielo. Las palabras y/o términos clave fueron: “cardiovascular adaptation” (adaptación cardiovascular), “cardiovascular adaptive change” (cambio adaptativo cardiovascular), “cardiovascular physiological processes” (procesos fisiológicos cardiovasculares), “cardiovascular physiological phenomena” (fenómeno cardiovascular fisiológico), “adaptación cardiovascular”, “exercise” (ejercicio) y “ejercicio”.

RESULTADOS. Se encontraron un total de 277 artículos, de los cuales 29 estaban repetidos y 14 se han utilizado para el desarrollo de esta revisión. Los artículos restantes fueron descartados según los criterios de exclusión.

CONCLUSIONES. Tras la revisión bibliográfica, queda clara la necesidad de poseer conocimientos sobre las adaptaciones cardiovasculares al ejercicio físico debido a su relación con la salud del individuo. El ejercicio físico ha demostrado mejorar de forma clara el funcionamiento del sistema cardiovascular y es el entrenamiento de resistencia el tipo de ejercicio considerado más cardiosaludable. Con la finalidad de mantener y mejorar la calidad de vida de la persona, enfermería debe aplicar estos conocimientos en el desempeño de sus funciones mediante una adecuada educación para la salud.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Concepto de ejercicio físico

Según el “*National Heart, Lung, and Blood Institute*” (2012), el ejercicio físico o actividad física es “*todo movimiento del cuerpo que hace trabajar a los músculos y requiere más energía que estar en reposo y por lo general se refiere a los movimientos que son beneficiosos para la salud*”. Y según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE) es “*el conjunto de movimientos que se realizan para mantener y mejorar la forma física*” (RAE, 2014). Es decir, en el concepto de ejercicio físico se incluye el hecho de que es beneficioso para quien lo practica. Al hablar de beneficios nos referimos a las repercusiones positivas que éste tiene para el estado de salud debido a que induce determinadas adaptaciones fisiológicas en todo el cuerpo.

Se conoce como fisiología del ejercicio: “*La ciencia que estudia el funcionamiento de los órganos, aparatos y sistemas que componen el organismo humano durante el ejercicio físico, desde el nivel molecular y celular hasta el nivel integral de la persona, la interrelación existente entre ellos y con el medio externo, así como los mecanismo de regulación e integración funcional que hacen posible la realización del ejercicio físico. Además, abarca el estudio de las modificaciones tanto estructurales como funcionales que la práctica crónica de ejercicio, o entrenamiento físico, ocasiona.*” (López, 2006)

1.2. Tipos de ejercicio físico

Las adaptaciones fisiológicas producidas por el ejercicio dependen del tipo de actividad que se practique ya que existen muchas variedades de ejercicio físico, aunque básicamente y en función de las vías metabólicas de obtención de energía se pueden distinguir dos modalidades básicas (Weiner y Baggish, 2012):

- Ejercicio físico aeróbico, de resistencia o cardiovascular es aquel que aumenta los requerimientos de oxígeno de los tejidos corporales y normalmente se realiza a una intensidad moderada durante amplias sesiones. Por ejemplo: caminar, correr, nadar, deportes como tenis, remo, ciclismo, patinaje, carrera de larga distancia, boxeo, etc.

- Ejercicio físico anaeróbico o de fuerza es aquel que mejora la potencia y aumenta la masa muscular. Por ejemplo el levantamiento de pesas, sprint (correr a gran velocidad durante cortos periodos), halterofilia, etc.

Además, existen deportes que combinan ambos tipos de ejercicios como el fútbol o actividades dirigidas en los gimnasios donde se desarrollan clases que combinan ejercicios de resistencia de intensidad variable con ejercicios de fuerza.

De entre todas las adaptaciones fisiológicas que se producen a causa de la práctica de ejercicio físico (musculoesqueléticas, metabólicas, endocrinas, cardiovasculares, neurológicas, incluso genéticas), este trabajo se centra en las adaptaciones cardiovasculares, ya que el ejercicio físico está relacionado en gran medida con la prevención de enfermedades cardiovasculares y es una pieza clave durante su tratamiento y rehabilitación (Sloan et al., 2011; Whyte y Laughlin, 2010; Wilson et al., 2010)

1.3. Datos epidemiológicos

La principal causa de mortalidad en España en el año 2012 fue el grupo de las enfermedades del sistema circulatorio (30 de cada 100 muertes), seguida de los tumores (27 de cada 100). Y dentro de las enfermedades circulatorias, la primera causa fue la cardiopatía isquémica seguida de las enfermedades cerebrovasculares (Tabla 1).

Tabla 1. Nº de defunciones según la causa de la muerte en España.

Año 2012	Total	Hombres	Mujeres
Total defunciones	402.950	205.920	197.030
Enfermedades isquémicas del corazón	34.751	19.973	14.778
Enfermedades cerebrovasculares	29.520	12.436	17.084
Cáncer de bronquios y pulmón	21.487	17.661	3.826
Insuficiencia cardiaca	18.453	6.412	12.041
Enf. crónicas de las vías respiratorias inferiores (ECVRI)	16.964	12.557	4.407
Demencia	16.361	5.314	11.047
Enfermedad de Alzheimer	13.015	3.830	9.185
Cáncer de colon	11.768	6.937	4.831
Enfermedad hipertensiva	10.273	3.354	6.919
Diabetes mellitus	9.987	4.207	5.780
Neumonía	9.289	4.699	4.590
Insuficiencia renal	7.067	3.282	3.785
Cáncer de mama	6.375	93	6.282
Cáncer de próstata	6.045	6.045	-
Cáncer de páncreas	5.976	3.121	2.855

Fuente: INE, 2014

Durante los últimos años en España se han producido más de 30 000 muertes al año por enfermedades cardiovasculares. Incluso a nivel mundial, las enfermedades del sistema circulatorio se sitúan entre las dos principales causas de muerte (Tabla 2) (INE, 2014).

Por otro lado, diferentes estudios han demostrado la repercusión que tiene la actividad física sobre la salud de las personas debido a las adaptaciones fisiológicas que induce. Se sabe que el ejercicio físico está asociado con la disminución del riesgo vascular, proporciona cierta cardioprotección y existen evidencias de que las personas físicamente activas tienen la mitad de incidencia de enfermedades coronarias que las personas sedentarias (Thijssen et al., 2010; Thijssen et al., 2012). Además, el ejercicio físico está asociado con una menor prevalencia de enfermedades crónicas,

como insuficiencia cardiaca, cáncer, hipertensión arterial y diabetes (Rivera-Brown y Frontera, 2012).

Tabla 2. Nº de defunciones según la causa de la muerte a nivel mundial.

Año 2011 ³							
Países	Todas las causas	Sistema circulatorio	Tumores	Sistema respiratorio	Sistema nervioso	Accidente transporte	Suicidios
Alemania	786,8	310,2	211,1	54,3	21,1	5,1	10,8
Australia	673,3	208,2	202,5	57,7	31,1	6,8	10,1
España	687,1	204,9	200,1	72,7	35,1	4,9	6,2
Estados Unidos	822,8	261,2	198,7	80,2	47,0	12,4	12,5
Italia	699,2	256,0	216,4	44,6	26,5	7,3	5,8
Corea	753,9	182,2	188,2	68,9	21,6	13,8	33,3
Japón	632,8	170,7	189,3	93,5	11,2	4,5	20,9
México	1.019,5	292,1	128,4	103,4	15,5	17,5	4,8
Países Bajos	768,8	217,2	244,3	76,0	29,0	4,3	9,5
Polonia	1.020,3	476,2	248,8	55,1	14,2	12,2	15,1
Portugal	778,4	233,2	199,3	87,7	23,2	8,7	8,5
Reino Unido	790,6	248,7	231,4	104,9	29,4	3,6	6,7

Fuente: INE, 2014

A su vez, se ha demostrado que los deportistas que practican ejercicios de resistencia tienen una mayor esperanza de vida asociada a una menor mortalidad cardiovascular (Serratosa y Fernández, 2006; Sloan et al., 2011).

Por esto, se conoce que la práctica de ejercicio físico de manera regular por parte de la población ayudaría a disminuir la incidencia y mortalidad por enfermedades cardiovasculares.

1.4. Marco teórico

Durante el ejercicio físico, el sistema cardiovascular se adapta para satisfacer las demandas de oxígeno y nutrientes que necesita el músculo

activo. La ecuación de Fick ($VO_2 = \text{gasto cardiaco} \times \text{diferencia arteriovenosa de oxígeno}$) explica la relación entre el consumo de oxígeno por parte de los músculos, el incremento del gasto cardiaco (frecuencia cardiaca \times volumen sistólico) y la capacidad de los músculos para extraer dicho oxígeno desde la sangre (Rivera-Brown y Frontera, 2012).

El consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) indica la capacidad funcional aeróbica de un individuo y se ha comprobado que aquellas personas que tienen sus cifras más altas muestran una menor sensación de fatiga frente a ejercicios de resistencia. Esto adquiere mayor importancia en las personas mayores, ya que las que han tenido una vida físicamente activa sufren un deterioro más lento y por lo tanto, tienen mejor calidad de vida (Fernández, 2006).

Para que estas adaptaciones tengan lugar, durante el ejercicio físico se produce una activación del sistema nervioso simpático que reconduce la actividad del sistema cardiovascular (taquicardia, aumento de la presión arterial, aumento de la contractilidad cardiaca, etc.), y una inhibición del sistema nervioso parasimpático, potenciando más aún la actividad simpática. Estos fenómenos ocurren siempre que se afronta un ejercicio, aunque sea de manera puntual. Pero es el entrenamiento regular el que produce adaptaciones en la estructura y función del corazón (adaptación central) y en los vasos sanguíneos para transportar de forma más eficaz la sangre (adaptación periférica) (Fernández, 2006).

Las adaptaciones centrales son principalmente (Serratos y Fernández, 2006):

- Disminución de la frecuencia cardiaca (FC): aproximadamente dos semanas después de empezar un entrenamiento de resistencia empieza a producirse una bradicardia fisiológica ($FC < 60$ latidos por minuto, lpm) debido al aumento del tiempo de llenado diastólico y en consecuencia del volumen sistólico posterior (Whyte y Laughlin, 2010).

- Aumento del volumen de las cámaras cardiacas y del grosor de los espesores parietales en función del tipo de ejercicio: en el ejercicio aeróbico por el aumento del volumen plasmático se produce una dilatación del ventrículo izquierdo sin engrosamiento de las paredes ventriculares (hipertrofia excéntrica), mientras que con el ejercicio anaeróbico se produce un engrosamiento de las paredes pero sin dilatación de las cavidades (hipertrofia concéntrica). Teniendo en cuenta que muchos deportes combinan ambos tipos de ejercicio las modificaciones cardiacas engloban ambos patrones.

- Aumento del volumen sistólico: la contractilidad cardiaca tanto en deportistas como en personas sedentarias es prácticamente la misma, por lo que se deduce que el aumento del volumen sistólico en los deportistas (120-130 ml frente a 70-80 ml) es debido a un aumento en el volumen al final de la diástole tanto en reposo como durante el ejercicio.

Comparando el gasto cardiaco (cantidad de sangre oxigenada que bombea el corazón en un minuto a todo el cuerpo) en reposo de personas sedentarias con el de deportistas los valores son similares, pero durante el ejercicio a máxima intensidad el gasto cardiaco de los deportistas puede llegar a doblar el de los sujetos sedentarios.

- Mejora de la perfusión miocárdica: se produce un aumento en la densidad capilar (aumento del nº de capilares por miofibrilla) que es proporcional al engrosamiento del miocardio. Este es uno de los aspectos principales que diferencia la hipertrofia fisiológica de la patológica. Esta mejoría en la distribución de oxígeno y sustratos al corazón entrenado está relacionada con la angiogénesis y con adaptaciones funcionales (mayor relajación de las pequeñas arterias coronarias y/o producción de óxido nítrico del endotelio coronario).

Todas estas modificaciones cardiovasculares, que afectan a la estructura y función del corazón mejorando el rendimiento físico y la capacidad

aeróbica de la persona, se encuentran englobadas dentro del término “corazón de atleta” (Papadakis et al., 2012).

Como adaptación periférica principalmente se produce una angiogénesis a nivel muscular, como ocurría en el miocardio y en las arterias coronarias, que contribuye a un aumento de la superficie circulatoria total. Esta angiogénesis se puede dar de dos formas: por un lado, con el ejercicio aeróbico, que ocasiona una división longitudinal del vaso; y por otro lado, con el ejercicio de fuerza, con el que se produce una angiogénesis por brotes en la que se forman nuevos vasos por la proliferación de las células endoteliales. El factor de crecimiento endotelial vascular, secretado por el músculo esquelético, tiene un papel importante durante la angiogénesis por brotes (Serratos y Fernández, 2006; Hiscock et al., 2003).

Debido al aumento de la capilaridad, el flujo sanguíneo por el músculo en las personas entrenadas será menor que en las personas sedentarias, ya que este incremento en la capilaridad favorece la obtención de oxígeno ahorrando flujo sanguíneo (Córdova, 2000).

También, son el ejercicio y la contracción muscular los que regulan el agrandamiento de la luz del vaso por el aumento del óxido nítrico producido por el endotelio gracias a un aumento del flujo sanguíneo, lo que a su vez aumenta la tensión de cizallamiento en el vaso. La tensión de cizallamiento se define como la *“fuerza tangencial derivada de la fricción de la sangre que fluye en la superficie endotelial de la pared arterial, siendo proporcional al producto de la viscosidad por el gradiente de la velocidad de la sangre en la pared”* (Chatzizisis et al., 2007)

En las arterias coronarias se produce arterialización de los capilares (éstos se convierten en arteriolas), aumenta el número de arteriolas de pequeño calibre y aumenta el diámetro de las arterias coronarias de gran calibre. Algunos de estos cambios se observan muy bien en los deportistas de fondo que tienen un calibre aumentado en las arterias pulmonar, aorta, y en las venas cavas y suprahepática (Fernández y López, 2006).

Además, el ejercicio físico también induce cambios en la tensión arterial (TA), que dependen a su vez del tipo de ejercicio (Fernández y López, 2006):

- En el ejercicio aeróbico dependerá de la intensidad con que se practique el mismo. Cuanto mayor sea la intensidad, mayor será la tensión sistólica debido al aumento del gasto cardiaco. Mientras que la tensión diastólica apenas se modifica por la amplia vasodilatación.

También hay que tener en cuenta que si el esfuerzo físico se realiza con los miembros inferiores, la tensión arterial tanto sistólica como diastólica y la frecuencia cardiaca serán menores que cuando el trabajo se realiza con el tren superior. Esto se debe, por una parte, a que la masa muscular es mayor en los miembros inferiores y a que la resistencia al flujo de sangre en el árbol vascular de las extremidades superiores es mayor provocando más sobrecarga en el corazón (Rivera-Brown y Frontera, 2012).

- En el ejercicio de fuerza, debido a las contracciones musculares mantenidas, se comprimen las arterias disminuyendo el flujo sanguíneo de forma proporcional a la fuerza utilizada. Esto hace que aumente el gasto cardiaco y como consecuencia la presión arterial (Rivera-Brown y Frontera, 2012).

Con el entrenamiento prolongado con ejercicios de resistencia se consigue reducir las cifras de TA en reposo y durante el ejercicio, mientras que el entrenamiento de fuerza no modifica la TA en reposo pero con el entrenamiento se consiguen cifras menos elevadas durante el mismo.

Además de las modificaciones inducidas por el ejercicio, también existen desadaptaciones progresivas por la interrupción temporal del mismo o por abandono completo de la práctica de ejercicio, de forma que la pérdida será mayor y más rápida cuanto menor fuera el nivel previo de condición física y mayor el grado de inactividad (Fernández y López, 2006).

Por último, hay que mencionar, que los factores genéticos y endocrinos condicionan de forma importante las adaptaciones fisiológicas, si bien esta

revisión se centra en los cambios producidos específicamente por la práctica de ejercicio físico.

1.5. Justificación

Se ha elegido este tema porque las modificaciones provocadas por el ejercicio físico sobre el funcionamiento del organismo forman parte del cuerpo de conocimientos de cualquier profesión sanitaria, en este caso, la enfermería. Como se ha mencionado anteriormente diversos tipos de ejercicio inducen diferentes adaptaciones en la persona y por lo tanto, en su estado de salud y calidad de vida. Desde enfermería se puede abordar el tema de las adaptaciones fisiológicas al ejercicio debido a la importancia para la salud de quienes lo practican.

El ejercicio no sólo sirve para mejorar el estado de salud de las personas sanas y prevenir futuras enfermedades sino también para contrarrestar los efectos de enfermedades como la diabetes, la hipertensión y otras enfermedades cardiovasculares. Por lo tanto, una enfermera que posea los conocimientos necesarios en relación con la actividad física puede desarrollar dinámicas de educación para la salud sobre los beneficios asociados a la práctica de ejercicio físico o recomendar ciertos tipos de ejercicios en función de las necesidades de las personas. De ello se beneficiarán aquellos pacientes que se lo demanden o que lo necesiten, previniendo posibles alteraciones de la salud en un futuro o disminuyendo el impacto de la enfermedad sobre su salud y su calidad de vida.

Desde enfermería se puede conseguir, por ejemplo, que una persona que quiera mejorar su bienestar haga ejercicio de forma regular o que una persona poco motivada para practicar ejercicio físico adquiera los conocimientos y la actitud necesaria para empezar a practicarlo.

1.6. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es, mediante una revisión bibliográfica de la literatura, de los últimos 5 años, analizar la evidencia científica sobre las adaptaciones cardiovasculares que se producen como respuesta al ejercicio físico en personas sanas.

El objetivo secundario es plantear un programa de salud sobre la promoción del ejercicio físico en personas sanas.

2. METODOLOGÍA

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo entre los meses de marzo y abril de 2014 en las siguientes bases de datos y motores de búsqueda:

- Pubmed
- Cochrane Library
- BVS (Biblioteca Virtual de la salud)
- Cuiden
- Scielo

Las palabras y/o términos clave fueron: “*cardiovascular adaptation*” (adaptación cardiovascular), “*cardiovascular adaptive change*” (cambio adaptativo cardiovascular), “*cardiovascular physiological processes*” (procesos fisiológicos cardiovasculares), “*cardiovascular physiological phenomena*” (fenómeno cardiovascular fisiológico), “*adaptación cardiovascular*”, “*exercise*” (ejercicio) y “*ejercicio*”.

Se añadieron los filtros de publicación en los “últimos 5 años”, “Humans” y en algunos casos “Clinical Trial”

Se establecieron los siguientes criterios de exclusión:

- Otras adaptaciones fisiológicas (no cardiovasculares)
- Adaptaciones fisiológicas cardiovasculares de ejercicio físico en condiciones extremas (a grandes alturas, en calor, frío, etc.)
- Adaptaciones fisiológicas cardiovasculares en enfermedades (metabólicas, cardíacas, degenerativas, etc.)
- Adaptaciones fisiológicas asociadas a la administración de medicamentos, suplementos dietéticos, etc.
- Diferencias entre adaptaciones fisiológicas entre hombres y mujeres.

3. RESULTADOS

Con la combinación de los términos relatados, utilizando los operadores booleanos correspondientes según las bases de datos, se encontraron un total de 288 artículos. Tras su revisión por título y resumen se descartaron 29 publicaciones que estaban repetidas y de las restantes muchas fueron rechazadas atendiendo a los criterios de exclusión. Finalmente 14 se han utilizado para el desarrollo y discusión de esta revisión bibliográfica (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Estrategia de búsqueda y resultados de la búsqueda bibliográfica.

Bases de datos	Estrategia de búsqueda	Artículos encontrados	Artículos seleccionados
Pubmed	<i>Cardiovascular adaptative change AND exercise</i>	26	1
	<i>Cardiovascular physiological phenomena AND exercise</i>	31	1
	<i>Cardiovascular physiological processes AND exercise</i>	12	0
Cochrane	<i>Cardiovascular adaptation AND exercise</i>	44	3
BVS	<i>Cardiovascular adaptation AND exercise</i>	164	9
Cuiden	<i>Adaptación cardiovascular AND ejercicio</i>	4	0
	<i>Cardiovascular adaptation AND exercise</i>	1	0
SciELO	<i>Adaptación cardiovascular AND ejercicio</i>	3	0
	<i>Cardiovascular adaptation AND exercise</i>	3	0

Tabla 4. Artículos seleccionados en la revisión bibliográfica.

Alomari, M. A., Mekary, R. A. y Welsch, M. A. (2010). Rapid vascular modifications to localized rhythmic handgrip training and detraining. <i>Eur J Appl Physiol</i> , 109(5), pp. 803–809.
Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J. y Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. <i>J Physiol</i> , 590(5), pp. 1077–1084.
Green, D. J., Spence, A., Halliwill, J. R., Cable, N. T. y Thijssen, D. H. J. (2010). Exercise and vascular adaptation in asymptomatic humans. <i>Exp Physiol</i> , 96(2), pp. 57–70.
Joyner, M. J. y Nose, H. (2009). Physiological regulation linked with physical activity and health. <i>J Physiol</i> , 587(23), pp. 5525–5526.
Kanegusuku, H., Queiroz, A. C. C., Chehuen, M. R., Costa, L. A. R., Wallerstein, L.F. y Mello, M. T. (2011). Strength and power training did not modify cardiovascular responses to aerobic exercise in elderly subjects. <i>Braz J Med Biol Res</i> , 44(9), pp. 864-870.
Papadakis, M., Wilson, M. G., Ghani, G., Kervio, G., Carre, F. y Sharma, S. (2012). Impact of ethnicity upon cardiovascular adaptation in competitive athletes: Relevance to preparticipation screening. <i>Br J Sports Med</i> , 46(Suppl 1), pp. i22–i28.
Randers, M. B., Nielsen, J. J., Krstrup, B. R., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Nybo, L... y Krstrup, P. (2010). Positive performance and health effects of a football training program over 12 weeks can be maintained over a 1-year period with reduced training frequency. <i>Scand J Med Sci Sports</i> , 20(Suppl. 1), pp. 80–89.
Rivera-Brown, A. M. y Frontera, W. R. (2012). Principles of exercise physiology: Responses to acute exercise and long-term adaptations to training. <i>PM&R</i> , 4(11), pp. 797-804.
Romero-Arenas, S., Blazevich, A. J., Martínez-Pascual, M., Pérez-Gómez, J., Luque, A. J., López-Román, F. J. y Alcaraz, P. E. (2013). Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. <i>Experimental Gerontology</i> , 48, pp. 334–340.
Sloan, R. P., Shapiro, P. A., De Meersman, R. E., Bagiella, E., Brondolo, E. N., McKinley, P. S... y Myers, M. M. (2011). Impact of aerobic training on cardiovascular reactivity to and recovery from challenge. <i>Psychosom Med</i> , 73(2), pp. 134-41.
Thijssen, D. H. J., Cable, T. y Green, D. J. (2012). Impact of exercise training on arterial wall thickness in humans. <i>Clin Sci</i> , 122(7), pp. 311–322.
Weiner, R. B. y Baggish, A. L. (2012). Exercise-Induced Cardiac Remodeling. <i>Progress in Cardiovascular Diseases</i> , 54, pp. 380–386.
Whyte, J. J. y Laughlin, M. H. (2010). The effects of acute and chronic exercise on the vasculature. <i>Acta Physiol</i> , 199(4), pp. 441-50.
Wilson, M., O'Hanlon, R., Basavarajaiah, S., George, K., Green, D. y Ainslie, P. (2010). Cardiovascular function and the veteran athlete. <i>Eur J Appl Physiol</i> .

Además de los artículos seleccionados, se han incluido en la bibliografía otras fuentes especializadas en fisiología del ejercicio que tratan el contenido de esta revisión y otros artículos mencionados en los artículos seleccionados para este trabajo.

Con el estudio de los documentos seleccionados se ha procedido a explicar cuáles y de qué tipo son las adaptaciones cardiovasculares producidas por la práctica de ejercicio físico en personas sanas.

4. DISCUSIÓN

Para entender la ecuación de Fick es necesario saber que el volumen sistólico se incrementa durante el ejercicio hasta alcanzar valores máximos al 40-60% del VO_2 máx. A partir de entonces el volumen sistólico se estabiliza por lo que el aumento de la frecuencia cardiaca es lo que condiciona principalmente el incremento del gasto cardiaco. También, durante el ejercicio físico el músculo es capaz de extraer mayor cantidad de oxígeno de la sangre arterial, por lo tanto el oxígeno residual en la sangre venosa es menor que en condiciones de reposo. Así, a mayor intensidad de ejercicio, mayor gasto cardiaco (aumenta la frecuencia cardiaca y el volumen sistólico), mayor diferencia arteriovenosa de oxígeno y en consecuencia, mayor consumo de oxígeno. Con el entrenamiento de resistencia el VO_2 máx. puede aumentar hasta un 15% (Rivera-Brown y Frontera, 2012; Weiner y Baggish, 2012). Pero la capacidad aeróbica disminuye con el desacondicionamiento (Sloan et al., 2011).

Es el ejercicio de resistencia el que aumenta el VO_2 máx., y además se ha probado que el ejercicio de resistencia de alta intensidad aumenta aún más el VO_2 máx. y por lo tanto mejora el rendimiento durante el entrenamiento (Gibala et al. 2012).

4.1. Gasto cardiaco

El ejercicio aeróbico incrementa el plasma en sangre y por lo tanto, la volemia. Esto produce una hemodilución que disminuye la viscosidad de la sangre, facilitando su recorrido por todo el cuerpo. Además, el ejercicio, produce una hipertrofia, principalmente del ventrículo izquierdo, la cual contribuye al aumento del llenado diastólico que a su vez aumenta el volumen sistólico (Rivera-Brown y Frontera, 2012). Todo esto condiciona el aumento del gasto cardiaco. Durante el ejercicio se produce una redistribución de la sangre en todo el cuerpo. Los músculos activos y el corazón son los que reciben el mayor aporte de sangre (aumento del flujo sanguíneo por vasodilatación), aproximadamente el 90%, mientras que el resto de órganos reciben bastante

menos sangre que en reposo, aumentando también el retorno venoso (Rivera-Brown y Frontera, 2012; Whyte y Laughlin, 2010). Sin embargo, el cerebro recibe aproximadamente la misma cantidad de sangre aunque la proporción sería menor debido al aumento considerable del gasto cardiaco durante la actividad (Fernández y López, 2006).

A pesar de que se produzca una bradicardia en reposo y un aumento más moderado de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio, el entrenamiento de resistencia produce un aumento del gasto cardiaco. Debido a la disminución de la frecuencia cardiaca, se incrementa el tiempo de la diástole y se produce una relajación más rápida del ventrículo izquierdo, por lo cual aumenta el tiempo de llenado ventricular y esto contribuye a la conservación del volumen sistólico durante el ejercicio a altas frecuencias cardiacas y así al aumento del gasto cardiaco. Aunque, sobre el ejercicio de fuerza un estudio mencionó un ligero empeoramiento de la relajación del ventrículo izquierdo en jugadores de fútbol americano con hipertrofia concéntrica del ventrículo izquierdo (Weiner y Baggish, 2012; Rivera-Brown y Frontera, 2012).

Cabe mencionar, que dicha variabilidad reducida de la frecuencia cardiaca (bradicardia en reposo y aumento moderado de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio) está asociada con un riesgo menor de desarrollar enfermedad cardiovascular (Sloan et al., 2011).

Durante el ejercicio aeróbico el gasto cardiaco puede elevarse hasta 5 veces su valor en reposo (de 5 l/min a 25 l/min, aproximadamente), o incluso más, dependiendo de la intensidad del ejercicio, la masa muscular implicada en el esfuerzo y la capacidad del corazón para aumentar su volumen sistólico. Aunque llegados a intensidades de ejercicio muy elevadas, el gasto cardiaco no puede aumentar más e incluso puede descender porque el tiempo de llenado durante la diástole es insuficiente (Córdova, 2013).

4.2. Corazón de atleta

El aumento del tamaño de las cámaras cardíacas, sobre todo del ventrículo izquierdo, y del volumen sistólico a causa del ejercicio son las características más llamativas del conocido “corazón de atleta” y están presentes en más del 50% de los deportistas, siendo los cambios hemodinámicos producidos durante el ejercicio de resistencia el principal estímulo de la remodelación cardíaca. Además existen mejorías en la función diastólica y sistólica que facilitan el aumento del gasto cardíaco (comentado en el apartado anterior). Aunque también influyen factores como la talla, la edad, el sexo o la genética (Papadakis et al., 2012; Weiner y Baggish, 2012).

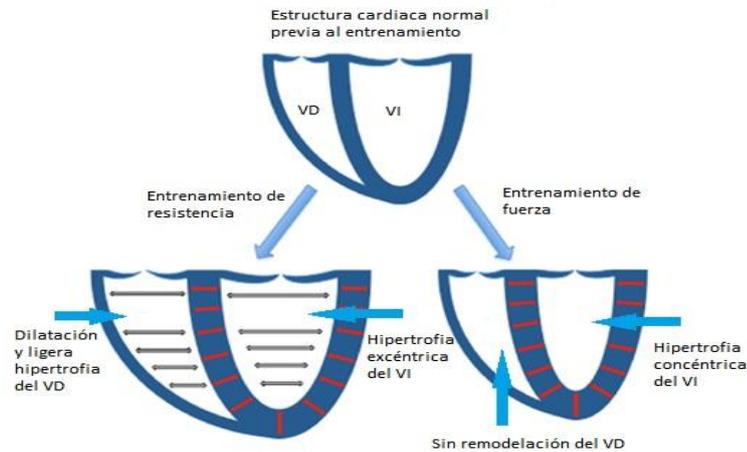
El mayor espesor en el ventrículo izquierdo de atletas de resistencia y el aumento de su volumen son más evidentes que en la hipertrofia propia del entrenamiento de fuerza (Weiner y Baggish, 2012).

La función sistólica en reposo, medida a través de ecocardiografía de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, es generalmente normal en atletas, igual que en deportistas entrenados en fuerza. Sin embargo, un estudio de 147 ciclistas del Tour de Francia concluyó que los atletas de resistencia pueden tener una ligera reducción de la fracción de eyección en reposo. (Weiner y Baggish, 2012).

Otra característica es observada en la aurícula izquierda donde se produce una dilatación y agrandamiento, presente en el 20% de los atletas, provocados por la sobrecarga hemodinámica. Este agrandamiento puede ser mayor cuanto más largo haya sido el tiempo de entrenamiento (Weiner y Baggish, 2012).

Los deportistas de resistencia presentan un ventrículo derecho más grande y con una pared más gruesa con respecto a las personas sedentarias por lo que se deduce que la remodelación cardíaca se produce de forma equilibrada en ambos lados del corazón (Papadakis et al., 2012; Weiner y Baggish, 2012). Por su parte, el entrenamiento de fuerza parece no ocasionar modificaciones observables en el ventrículo derecho (Figura 1).

Figura 1. Adaptaciones ventriculares según el tipo de ejercicio.



Fuente: Modificado de Weiner y Baggish, (2012).

Cabe mencionar que en algunos atletas que abandonan la práctica de ejercicio con el tiempo se reduce significativamente el tamaño del ventrículo izquierdo aunque persiste cierta dilatación y la función sistólica e índice de masa permanecen inalterados (Wilson et al., 2010; Papadakis et al., 2012). El índice de masa del ventrículo izquierdo es el cociente entre la masa del ventrículo izquierdo en gramos entre la superficie corporal en metros cuadrados (Pinto Ferreira, 2012)

4.3. Vascularización

La capacidad vasomotora del endotelio hace referencia a la producción por parte del mismo de sustancias vasodilatadoras (óxido nítrico y prostaciclina principalmente) y vasoconstrictoras (endotelina I y angiotensina II) (Whyte y Laughlin, 2010; Goto et al., 2003). Por una parte, la síntesis de óxido nítrico está asociada con la tensión de cizalla que estimula al endotelio (Green et al., 2010). Por otra, la inactividad física o el abandono del entrenamiento afectan también al endotelio, ya que desciende la síntesis de óxido nítrico y aumenta la de endotelina (Alomari et al., 2010).

Se cree que el beneficio del ejercicio físico sobre la función endotelial es debido a un aumento de la tensión de cizallamiento durante la realización del mismo (Wilson et al., 2010; Whyte y Laughlin, 2010), ya que ésta induce la liberación de óxido nítrico por parte del endotelio produciendo vasodilatación en vasos grandes y pequeños (Green et al., 2004; Goto et al., 2003).

En un estudio se sometió a los sujetos a un ejercicio de *handgrip* (ejercicio que consiste en apretar con la mano unas pinzas y sirve para fortalecer los músculos del antebrazo) en ambas manos aunque en uno de los brazos se puso un manguito para reducir el flujo sanguíneo y por lo tanto, la tensión de cizallamiento. La función vasodilatadora mejoró sólo en el brazo entrenado sin manguito, es decir, donde sí se produjo un incremento de la tensión de cizallamiento. Sin embargo en estudios donde no se provocó un aumento del flujo sanguíneo, y por lo tanto tampoco de la tensión de cizalla, no se apreciaron adaptaciones en la capacidad vasodilatadora demostrando que la tensión de cizalla es un estímulo clave en la adaptación vasodilatadora (Green et al. 2010; Whyte y Laughlin, 2010; Alomari et al., 2010). De cualquier forma, para mejorar la vasodilatación en personas asintomáticas se ha comprobado que se requiere un entrenamiento de resistencia de intensidad moderada, ya que en personas que practicaban ejercicio de baja intensidad no se encontraron modificaciones de la función endotelial. Aunque también se ha dicho que el ejercicio a grandes intensidades varias veces a la semana puede perjudicar la vasodilatación endotelial (Green et al., 2004; Goto et al., 2003).

Debido al uso más frecuente del brazo dominante, el flujo sanguíneo en éste es mayor y la resistencia vascular menor, pero Alomari et al. (2010) comprobaron que tras una semana de entrenamiento de *handgrip* en el brazo no dominante los valores del flujo sanguíneo y resistencia vascular eran incluso mejores que los del brazo dominante. El flujo sanguíneo mejoró en un 18% y la resistencia vascular en un 15% con respecto a los niveles preentrenamiento, aunque tras una semana del cese del entrenamiento, las modificaciones producidas desaparecieron.

Whyte y Laughlin (2010) afirman que en el entrenamiento a largo plazo los vasos de resistencia y la aorta mejoran su vasodilatación pero no lo hacen

las arterias de conducción no musculares. En las arterias el entrenamiento produce a corto plazo una mejoría local (sólo en las arterias de los músculos entrenados) de la distensión arterial, siendo esta mejoría funcional (se modifica el tono vasomotor de las células del músculo liso arterial por el aumento del óxido nítrico), mientras que si este entrenamiento es lo bastante largo y prolongado, las adaptaciones funcionales son sucedidas por cambios estructurales (se modifica la elasticidad de la arteria) dependientes del óxido nítrico y se observan a nivel sistémico (Green et al., 2010; Green et al., 2004). Goto et al. (2003) llegaron a la conclusión de que el aumento crónico de la tensión de cizallamiento deriva en cambios funcionales e histológicos del endotelio que dan como resultado una mejor estructura y función vascular.

Pero también depende de qué parte del cuerpo se esté entrenando, ya que en un ejercicio localizado de antebrazo, esta adaptación será específica del antebrazo, mientras que si se entrena todo el tren inferior, con más volumen muscular, se inducirán cambios sistémicos (Green et al., 2004). Esta mejoría se aprecia en personas asintomáticas de mediana edad o ancianos entrenados en resistencia frente a personas sedentarias de la misma edad (Green et al., 2010).

En cuanto al entrenamiento de fuerza, Rakobowchuk et al. (2005) concluyeron que con el ejercicio de fuerza no se ve afectada la función vasodilatadora en personas sanas pero sí se produce un aumento del diámetro de la arteria braquial en reposo con el entrenamiento de todo el cuerpo, ya que de forma similar al ejercicio de resistencia, la tensión de cizallamiento provocada por el aumento del flujo induce cambios estructurales.

El ejercicio además mejora la función vasodilatadora microvascular: microcirculación coronaria y de la piel. Se ha demostrado en personas que llevan una vida activa una mejor función endotelial que en personas sedentarias, aunque esta diferencia se aprecia más en personas mayores, de mediana edad o con enfermedades cardiovasculares que en personas jóvenes y sanas (Green et al. 2010).

La circulación venosa también se ve afectada pues se ha comprobado, en personas activas de todas las edades, una distensión venosa considerablemente mayor que en personas sedentarias (Green et al., 2010). Hernández y Franke (2005) comprobaron que tras un entrenamiento de seis meses los ancianos mejoraban la distensión venosa en las pantorrillas en un 30% aunque tres meses del programa de entrenamiento fueron insuficientes para observar dichos cambios.

La función vasoconstrictora también sufre modificaciones derivadas de la práctica de ejercicio físico. En este caso, se cree que disminuye (Green et al., 2010) aunque existen resultados contradictorios al respecto. Se ha planteado la idea de que tras el ejercicio se eleva la actividad simpática en personas asintomáticas, lo que conlleva un aumento del tono vasoconstrictor, aunque sin disminuir el flujo sanguíneo ya que se compensa con la vasodilatación provocada desde el endotelio (Sugawara et al., 2007).

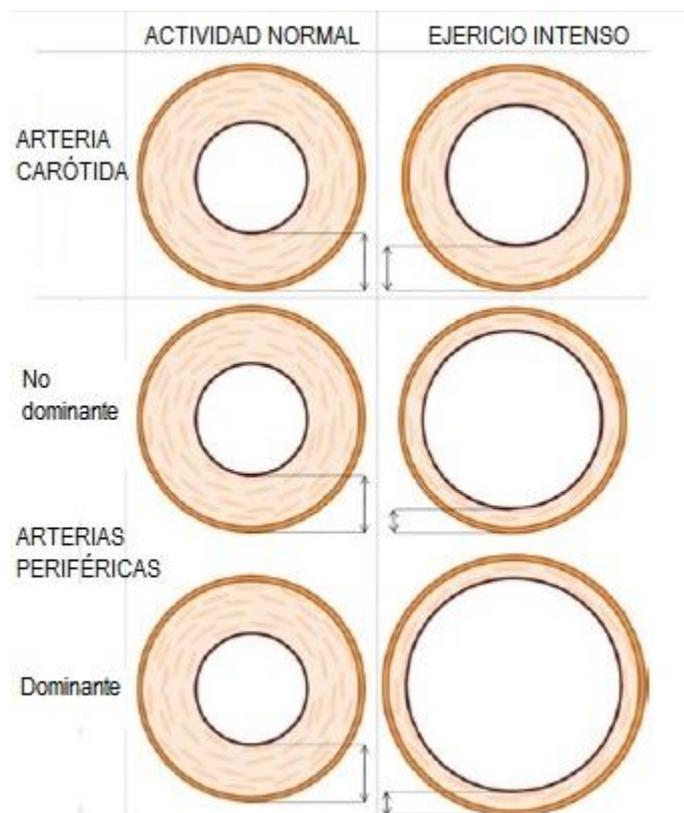
También se ha constatado que el ejercicio puede afectar al espesor de la capa intima-media (IMT, un indicador importante de arteriosclerosis) de la arteria carótida, ya que a más actividad física, menor IMT y por lo tanto menor riesgo de arteriosclerosis. Se ha comprobado que, en personas de mediana edad y en ancianos, a menor VO_2 máx., mayor IMT, por lo que hay una evidente relación inversa entre la práctica de ejercicio físico y el riesgo de arteriosclerosis (Thijssen et al. 2012). Aunque Green et al. (2010) concluyeron que no se producen modificaciones en el IMT carotídeo por el ejercicio físico.

En las arterias periféricas, que suministran sangre al músculo entrenado, el entrenamiento de resistencia induce una disminución del IMT y se ha sugerido que estas adaptaciones son más rápidas y mayores que en la arteria carótida (Figura 2). Incluso personas que entrenan con mayor frecuencia y a mayor intensidad tienen valores inferiores de IMT como es el caso de jugadores de elite de squash que tienen un IMT carotídeo, braquial y femoral más bajo en comparación con personas menos activas. Pero para que estos cambios sean significativos debe haber un entrenamiento prolongado ya que la remodelación arterial ocurre después de meses o años de entrenamiento. Esto se ha demostrado en estudios de corta intervención en los que no se han

observado cambios en el IMT (Thijssen et al., 2007). Por lo tanto, Thijssen et al. (2012) y Green et al (2010) suponen que inicialmente se producen adaptaciones funcionales (vasodilatación) seguidas de adaptaciones estructurales (disminución del IMT).

Al reducirse el IMT aumenta el diámetro de la luz vascular lo que mejora el flujo sanguíneo (Thijssen et al. 2012; Green et al., 2010), siendo más notable en las arterias musculares que en las elásticas aunque en general el efecto es sistémico, sobre todo en ancianos (Wilson et al., 2010). Específicamente, se ha asociado un IMT de la carótida más bajo en personas que caminan a mayor velocidad (Thijssen et al. 2012).

Figura 2. Cambios en la luz vascular y el espesor de la pared en las arterias carótida y periféricas.



Fuente: Modificado de Thijssen et al., (2012)

4.4. Presión arterial

Dentro de cada órgano o tejido los vasos regulan, ajustando las resistencias vasculares, el flujo de sangre que reciben para satisfacer sus necesidades, siendo la resistencia vascular el principal mecanismo de control del flujo. Para ello, el músculo vascular liso alrededor de las arterias regula el calibre de las mismas gracias a la acción combinada del óxido nítrico y de la estimulación β adrenérgica. Estas arterias poseen un nivel de contracción basal regulado por el sistema nervioso simpático para mantener la tensión arterial dentro de los límites de la normalidad. Así, durante el ejercicio, debido a la activación simpática sobre receptores β disminuyen las resistencias periféricas, por activación sobre receptores α aumenta la TA sistólica y en consecuencia aumenta el flujo sanguíneo por los territorios activos (Whyte y Laughlin, 2010).

En ejercicios de resistencia muy intensos y prolongados, la TA tiende a disminuir ya que disminuye la fuerza contráctil del corazón y disminuyen las resistencias periféricas (Córdova, 2013), mientras el ejercicio de fuerza aumenta las resistencias periféricas (Green et al., 2010; Weiner y Baggish., 2012).

Además, Gibala et al. (2012) concluyeron que el ejercicio físico de alta intensidad produce cambios beneficiosos en la tensión arterial en la situación de reposo aunque no especificó estas adaptaciones.

4.5. Envejecimiento

Entre los cambios cardiovasculares que se producen durante el envejecimiento están la disminución del gasto cardíaco debido al descenso de la frecuencia cardíaca y del volumen sistólico, con la consecuente disminución del VO_2 máx. (aproximadamente 10 % por década); el aumento de las resistencias periféricas; y la rigidez vascular, entre otros. Aunque se ha observado que estos cambios están en parte ausentes en personas

físicamente activas (Joyner y Nose, 2009), ya que por ejemplo, el descenso del VO_2 máx. es de la mitad en atletas que mantienen el entrenamiento (Rivera-Brown y Frontera, 2012).

A pesar del descenso en la velocidad de llenado del ventrículo izquierdo debido al envejecimiento, durante la actividad física al final de la diástole el ventrículo izquierdo puede ser incluso mayor que en personas jóvenes, por lo que se sabe que la función diastólica está mejorada en el ventrículo izquierdo. En cuanto a la función sistólica, ésta se mantiene en los límites de la normalidad con el ejercicio físico (Wilson et al., 2010). Aunque un estudio concluyó que ni el entrenamiento de resistencia ni el de fuerza afectan a la respuesta cardiovascular durante el ejercicio en personas ancianas (Kanegusuku et al., 2011).

Se ha comprobado que el entrenamiento de resistencia en ancianos disminuye notablemente la tensión arterial sistólica tanto en reposo como durante la realización del ejercicio (Kanegusuku et al., 2011).

Estudios sobre el ejercicio en ancianos previamente sedentarios demuestran una mejoría en la distensión vascular, específicamente en la arteria carótida y se ha demostrado que el deterioro de la función microvascular en ancianos puede ser prevenido manteniendo un alto nivel de condicionamiento físico, e incluso puede ser revertido parcialmente. Un grupo de mujeres posmenopáusicas deportistas mostró una arteria carótida con una distensión similar a la de otras mujeres jóvenes también deportistas (Tanaka et al., 1998). Además, Thijssen et al. (2007) concluyeron que con un entrenamiento de bicicleta durante 8 semanas la distensión de la arteria femoral superficial mejora un 40% con respecto a los valores previos al estudio.

Así mismo, ancianos entrenados demuestran una distensión venosa un 120% mejor en comparación con personas de la misma edad pero sedentarias y un 30% mejor que en personas jóvenes sedentarias (Monahan et al., 2001).

Un entrenamiento de hasta 6 meses demostró que ancianos previamente sedentarios sufren un incremento significativo de su flujo sanguíneo, lo que puede ser una respuesta sistémica de las arterias de

resistencia y no una respuesta limitada al miembro entrenado. Aunque un entrenamiento de 8 semanas en bicicleta no fue suficiente para mejorar la función vascular en las áreas no entrenadas (arterias carótida y braquial) (Thijssen et al., 2007).

También, se ha relacionado un flujo sanguíneo cerebral más alto, equivalente al flujo cerebral de una persona con diez años menos de edad, con personas mayores que practican ejercicio físico, de tal forma que ancianos con una mayor capacidad cardiorrespiratoria muestran un mayor flujo sanguíneo a nivel cerebral que las personas sedentarias de la misma edad. Así pues se ha sugerido que un entrenamiento en ancianos, previamente sedentarios, incrementa el flujo sanguíneo en las arterias de resistencia, contribuyendo al descenso de la tensión arterial sistólica (Wilson et al., 2010).

Con un entrenamiento de resistencia de 3-6 meses se desarrolla una remodelación de las arterias de conducción derivando en una disminución del espesor de pared de la carótida y de la femoral con una consecuente disminución del ratio pared-lumen (disminuye el grosor de la pared vascular y aumenta el diámetro de la luz del vaso) de la arteria femoral (Wilson et al., 2010). Aunque en un entrenamiento de menor duración (8 semanas) no se aprecian variaciones en el IMT de la arteria femoral común pero si se incrementa el diámetro de la arteria femoral común con el entrenamiento de bicicleta y por lo tanto, aumenta también el flujo sanguíneo en el muslo (Thijssen et al., 2007).

Por último, se ha comprobado que el entrenamiento de alta resistencia en ancianos es más beneficioso para el bienestar cardiovascular que el ejercicio de fuerza pero no se especifica en qué consisten estos beneficios (Romero–Arenas et al., 2013).

4.6. Frecuencia e intensidad del ejercicio

Un estudio sobre los parámetros cardiovasculares de hombres que practicaban fútbol dentro de un programa de entrenamiento demostró que aunque se reduzca la frecuencia del entrenamiento, si la intensidad del ejercicio es lo suficientemente alta, las adaptaciones cardiovasculares producidas antes de reducir la frecuencia de entrenamiento (frecuencia cardiaca, tensión arterial disminuidas) y el rendimiento de resistencia (VO_2 máx. aumentado) se mantienen a lo largo de los meses del entrenamiento (Randers et al., 2010).

Se ha comprobado también que el entrenamiento físico de alta intensidad puede ser tan efectivo o incluso más que el entrenamiento de resistencia tradicional, induciendo adaptaciones similares o superiores en relación a la remodelación fisiológica y, es capaz de mejorar la tensión arterial y la morfología del ventrículo izquierdo, implementando el rendimiento durante el ejercicio. También se ha comprobado que en individuos sanos incrementa la distensión de las arterias periféricas, aunque no las de las arterias centrales (Gibala et al., 2012).

4.7. Programa para la promoción del ejercicio físico

Este programa está destinado a una población adulta sana con el fin de concienciar sobre los beneficios del ejercicio y promover la práctica del mismo.

El objetivo principal sería que tras la intervención los participantes en este programa practicasen ejercicio físico al menos dos veces a la semana durante 30 minutos.

Esta intervención se desarrollará en tres sesiones:

- Sesión 1: El objetivo es que los usuarios al final de la sesión sean capaces de enumerar al menos 5 adaptaciones cardiovasculares

producidas por el ejercicio físico. Durante la sesión se les preguntará sobre sus creencias y conocimientos sobre el ejercicio y luego se les proporcionará la información correcta y más relevante sobre el tema. La sesión finalizará con 20 minutos en una cinta de correr a velocidad libre.

- Sesión 2: El objetivo es que el usuario verbalice ganas de practicar ejercicio físico. Para ello se les explicará los riesgos para la salud derivados del sedentarismo, se razonará con ellos sobre la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares y se les motivará para realizar ejercicio físico según sus preferencias. Para finalizar harán un calentamiento de 10 minutos en bicicleta y después jugarán al tenis por parejas o al fútbol.

- Sesión 3: El objetivo será que los usuarios verbalicen querer introducir la actividad física dentro de sus actividades diarias de forma progresiva en cuanto a la duración e intensidad. Para ello se les ofrecerá diversos folletos sobre polideportivos, gimnasios o espacios al aire libre donde poder practicar cualquier tipo de ejercicio y se les orientará sobre cómo organizar su tiempo para poder implementar el ejercicio en su día a día. Al finalizar se llevará a cabo un entrenamiento de 30 minutos con calentamiento, ejercicio aeróbico y ejercicios de fuerza.

5. CONCLUSIONES

Tras la revisión bibliográfica, queda clara la necesidad de poseer conocimientos sobre las adaptaciones cardiovasculares al ejercicio físico debido a su relación con la salud del individuo.

El entrenamiento prolongado aumenta el VO_2 máx. considerablemente mejorando el rendimiento de la persona durante la actividad física.

En cuanto al corazón de atleta, el entrenamiento aeróbico provoca cambios evidentes en el lado izquierdo del corazón siendo el tiempo de entrenamiento un factor determinante en esta remodelación cardiaca.

La liberación de factores endoteliales y de oxido nítrico provocadas por el ejercicio mejoran la vascularización arterial y el flujo sanguíneo disminuyendo el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

El ejercicio aeróbico disminuye las resistencias vasculares y la TA efectos deseables en la prevención de patología cardiovascular

La práctica del ejercicio físico en los ancianos es muy beneficiosa, ya que se ha constatado una mejoría en la TA, la función sistólica, la distensión venosa y el flujo sanguíneo, en ocasiones más notables que en adultos o en individuos jóvenes.

Para mantener las adaptaciones cardiovasculares es necesario un ejercicio regular, pudiéndose mantener las modificaciones cardiovasculares disminuyendo la frecuencia de entrenamiento si la intensidad es la adecuada.

Para terminar, el ejercicio físico ha demostrado mejorar de forma clara el funcionamiento del sistema cardiovascular y es el entrenamiento de resistencia el tipo de ejercicio considerado más cardiosaludable.

Con la finalidad de mantener y mejorar la calidad de vida de la persona, enfermería debe aplicar estos conocimientos en el desempeño de sus funciones mediante una adecuada educación para la salud.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alomari, M. A., Mekary, R. A. y Welsch, M. A. (2010). Rapid vascular modifications to localized rhythmic handgrip training and detraining. *Eur J Appl Physiol*, 109(5), pp. 803–809.
- Chatzizisis, Y. S., Umit, A., Jonas, M., Edelman, E. R., Feldman, C. L., Stone, P. H. (2007). Role of endothelial shear stress in the natural history of coronary atherosclerosis and vascular remodeling. *JACC*, 49(25), pp. 2379-93.
- Córdova, A. (2013). Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio físico. En A. Córdova (1º Ed.), *Fisiología deportiva* (pp. 161-183). Madrid: Editorial Síntesis.
- Córdova, A. y Navas, F. (2000). Sistema cardiovascular. En: A. Córdova y F. Navas (1º Ed.), *Fisiología deportiva* (pp. 71-98). Madrid: Editorial Gymnos.
- Fernández, A. (2006). Respuesta cardiaca al ejercicio. En: J. López y A. Fernández (3º Ed.), *Fisiología del ejercicio* (pp. 321-330). Buenos Aires; Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Fernández, A. y López, J. (2006). Respuestas y adaptaciones de la circulación periférica y de la presión arterial en el ejercicio. En: J. López y A. Fernández (3º Ed.), *Fisiología del ejercicio* (pp. 340-356). Buenos Aires; Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J. y Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*, 590(5), pp. 1077–1084.
- Goto, C., Higashi, Y., Kimura, M., Noma, K., Hara, K., Nakagawa, K... y Nara, I. (2003). Effect of different intensities of exercise on endotheliumdependent vasodilation in humans. Role of endotheliumdependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation*, 108, pp. 530–535.

- Green, D. J., Maiorana, A. J., O'Driscoll, G. y Taylor, R. (2004). Topical review: Effects of exercise training on vascular endothelial nitric oxide function in humans. *J Physiol*, 561, pp. 1–25.
- Green, D. J., Spence, A., Halliwill, J. R., Cable, N. T. y Thijssen, D. H. J. (2010). Exercise and vascular adaptation in asymptomatic humans. *Exp Physiol*, 96(2), pp. 57–70.
- Hernández, J. P. y Franke, W. D. (2005). Effects of a 6-mo endurance-training program on venous compliance and maximal lower body negative pressure in older men and women. *J Appl Physiol*, 99, pp. 1070–1077.
- Hiscock, N., Fischer, C. P., Pilegaard, H. y Pedersen, B. K. (2003). Vascular endothelial growth factor mRNA expression and arteriovenous balance in response to prolonged, submaximal exercise in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 285, pp. 1759–63.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). Defunciones según la causa de muerte. Año 2012. Disponible en: <http://www.ine.es/prensa/np830.pdf>. Consultado el 1 de junio de 2014.
- Joyner, M. J. y Nose, H. (2009). Physiological regulation linked with physical activity and health. *J Physiol*, 587(23), pp. 5525–5526.
- Kanegusuku, H., Queiroz, A. C. C., Chehuen, M. R., Costa, L. A. R., Wallerstein, L.F. y Mello, M. T. (2011). Strength and power training did not modify cardiovascular responses to aerobic exercise in elderly subjects. *Braz J Med Biol Res*, 44(9), pp. 864-870.
- López, J. A. (2006). Fisiología del ejercicio: Concepto y revisión histórica. En J. López y A. Fernández. (3º Ed.), *Fisiología del ejercicio* (pp. 1-32). Buenos Aires, Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Monahan, K. D., Dinunno, F. A., Seals, D. L. y Halliwill, J. R. (2001). Smaller age-associated reductions in leg venous compliance in

endurance exercise-trained men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 281, pp. 1267–1273.

- National Health, Lung and Blood Institute. ¿Qué es la actividad física?. Disponible en: <http://www.nhlbi.nih.gov/health-spanish/health-topics/temas/phys/>. Consultado el 15 de marzo.
- Papadakis, M., Wilson, M. G., Ghani, G., Kervio, G., Carre, F. y Sharma, S. (2012). Impact of ethnicity upon cardiovascular adaptation in competitive athletes: Relevance to preparticipation screening. *Br J Sports Med*, 46(Suppl 1), pp. i22–i28.
- Pinto Ferreira Filho, P. R. (2012). Patrones de hipertrofia y geometría del ventrículo izquierdo por la ecocardiografía transtorácica. *Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc*, 25(2), pp. 103-115.
- Rakobowchuk, M., Mc Gowan, C. L., de Groot, P. C., Hartman, J. W., Phillips, S. M., Macdonald, M. J. (2005). Endothelial function of young healthy males following whole-body resistance training. *J Appl Physiol*, 98, pp. 2185–2190.
- Randers, M. B., Nielsen, J. J., Krstrup, B. R., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Nybo, L... y Krstrup, P. (2010). Positive performance and health effects of a football training program over 12 weeks can be maintained over a 1-year period with reduced training frequency. *Scand J Med Sci Sports*, 20(Suppl. 1), pp. 80–89.
- Real Academia Española. Ejercicio. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/?val=ejercicio>. Consultado el 1 de junio de 2014.
- Rivera-Brown, A. M. y Frontera, W. R. (2012). Principles of exercise physiology: Responses to acute exercise and long-term adaptations to training. *PM&R*, 4(11), pp. 797-804.
- Romero-Arenas, S., Blazevich, A. J., Martínez-Pascual, M., Pérez-Gómez, J., Luque, A. J., López-Román, F. J. y Alcaraz, P. E. (2013). Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. *Experimental Gerontology*, 48, pp. 334–340.

- Serratos, L. y Fernández, A. (2006). Adaptaciones cardiacas al ejercicio. En J. López y A. Fernández. (3º Ed.), *Fisiología del ejercicio* (pp. 331-339). Buenos Aires; Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Sloan, R. P., Shapiro, P. A., De Meersman, R. E., Bagiella, E., Brondolo, E. N., McKinley, P. S... y Myers, M. M. (2011). Impact of aerobic training on cardiovascular reactivity to and recovery from challenge. *Psychosom Med*, 73(2), pp. 134-41.
- Sugawara, J., Komine, H., Hayashi, K., Yoshizawa, M., Otsuki, T., Shimojo, N... y Tanaka, H. (2007). Systemic α -adrenergic and nitric oxide inhibition on basal limb blood flow: effects of endurance training in middle-aged and older adults. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 293, pp. H1466–H1472.
- Tanaka, H., DeSouza, C. A. y Seals, D. R. (1998). Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 18(1), pp. 127–132
- Thijssen, D. H. J., Cable, T. y Green, D. J. (2012). Impact of exercise training on arterial wall thickness in humans. *Clin Sci*, 122(7), pp. 311–322.
- Thijssen, D. H. J., Maiorana, A.J., O'Driscoll, G., Cable, N. T., Hopman, M. T. y Green, D. J. (2010). Impact of inactivity and exercise on the vasculature in humans. *Eur J Appl Physiol*, 108(5), pp. 845-875.
- Thijssen, D. H., de Groot, P. C., Smits, P. Hopman, M. T. E. (2007). Vascular adaptations to 8-week cycling training in older men. *Acta Physiol (Oxf)*, 190(3), pp. 221–228.
- Weiner, R. B. y Baggish, A. L. (2012). Exercise-Induced Cardiac Remodeling. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 54, pp. 380–386.
- Whyte, J. J. y Laughlin, M. H. (2010). The effects of acute and chronic exercise on the vasculature. *Acta Physiol*, 199(4), pp. 441-50.

- Wilson, M., O'Hanlon, R., Basavarajaiah, S., George, K., Green, D. y Ainslie, P. (2010). Cardiovascular function and the veteran athlete. *Eur J Appl Physiol*.