



**UNIVERSIDAD DE CORDOBA**

Facultad de Medicina

**Estudios avanzados en Ciencias aplicadas a la actividad física y el deporte**

**Laboratorio de Ciencias Morfofuncionales del Deporte**

**Efectos del entrenamiento con tapiz rodante en la saturación de oxígeno, distancia caminada y  $VO_{2max}$  en la tercera edad**

**Ashraf Adel Fahmy Bichay  
2012**

TITULO: *Efectos del entrenamiento con tapiz rodante en la saturación de oxígeno, distancia caminada y VO<sub>2</sub>max en la tercera edad*

AUTOR: *ASHRAF ADEL FAHMY BICHAY*

---

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---

***Efectos del entrenamiento con tapiz rodante en la saturación de oxígeno, distancia caminada y VO<sub>2max</sub> en la tercera edad***

Tesis  
que presenta el Licenciado  
**D. Ashraf Adel Fahmy Bichay**  
para la colación del Grado de Doctor con mención internacional por Córdoba,  
Director:  
Prof. Dr. José Luis Lancho Alonso  
Profa. Dra. María S. Poblador Fernández  
Dr. Víctor Manuel Núñez Álvarez

## **AGRADECIMIENTOS**

A Prof. José Luis Lancho Alonso Catedrático de Anatomía Humana y Neuroanatomía del departamento de Ciencias Morfológicas de la Facultad de Medicina, responsable del programa de Doctorado Estudios Avanzados en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Córdoba, por abrirme las puertas del Laboratorio que dirige y su inestimable ayuda.

A Prof. Mohamed Farouk Allam, Profesor de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Ain Shams El Cairo.

A Prof. Renée Vanfraechem, Catedrática de Educación Física de la Universidad Libre de Bruselas, Bélgica, por su acogida en su departamento y sus valiosos consejos en el análisis práctico de esta revisión.

A Prof. Jacques Vanfraechem, Catedrático de Fisiología, de la Universidad Libre de Bruselas, Bélgica, que me permitió incorporarme a su equipo de investigadores y estuvo siempre dispuesto a aclarar mis dudas sobre La Actividad Física e la Rehabilitación Cardiopulmonar en la Tercera Edad .

A mis compañeros en el Departamento de Medicina Física y Rehabilitación en El Hospital General El Salam en El Cairo, Egipto, por estar siempre dispuestos a ayudarme.

Al grupo de Fisioterapeutas en el Departamento de Medicina Física y Rehabilitación en El Hospital General El Salam en El Cairo, Egipto, por ayudarme a cumplir mis pruebas.

A mi familia que le debo todo.

## ÍNDICE

I. RESUMEN	6
II. INTRODUCCION	9
III. OBJETIVOS	15
IV. REVISION DE LA LITERATURA MÉDICA	19
V. POBLACION Y METODOS (Subjects and methods)	50
VI. RESULTADOS - RESULTS	57
VII. COMENTARIOS Y DISCUSION	71
VIII. CONCLUSIONES	80
IX. RECOMENDACIONES	82
X. ABREVIATURAS	84
XI. BASE DE DATOS	86
XII. ANEXO	91
XIII. BIBLIOGRAFIA	93



**TÍTULO DE LA TESIS: Efectos del entrenamiento con tapiz rodante en la saturación de oxígeno, distancia caminada y  $VO_{2max}$  en la tercera edad**

**DOCTORANDO: Ashraf Adel Fahmy Bichay**

**INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

La tesis ha evolucionado conforme el cronograma previsto, ampliado por las características propias de la población a estudiar y el hospital de estudio, así como de la aplicación de los instrumentos en la muestra.

Parte de los resultados van a ser publicados en la revista "Medicina General y de Familia" según la carta de aceptación con el numero de referencia MG.2012-19, de fecha 17 de Mayo de 2012, cuyo artículo tiene por título "Envejecimiento activo: ejercicio físico".

También, parte de su contenido ha sido admitido como comunicación oral en las II Jornadas Nacionales de Respiratorio, organizadas en Segovia (España) los días 11 y 12 de Mayo de 2012, con el numero 67/19 y por título "Eficiencia del entrenamiento sobre el consumo máximo de oxígeno, la oxigenación arterial de la sangre y la distancia máxima caminada en la tercera edad"

Tanto el artículo como la comunicación constan en el texto de la tesis como indicios de calidad.

El tema planteado es novedoso tanto en la nación de origen del doctorando, Egipto, como por la población sana que ha participado, hecho no habitual en este tipo de estudios. Además, la siempre controvertida actividad física en la tercera edad, es un tema que nunca está suficientemente desarrollado, además, se combinan tres variables no habituales en este tipo de estudios.

Tanto por su metodología correcta, como sus resultados y conclusiones lógicas, avalan la calidad de la tesis. En consecuencia, se emite informe muy favorable.

Se autoriza la presentación de la tesis doctoral como "Doctorado Internacional"

Córdoba, 28 de Octubre de 2012

Firma de los directores

Fdo.- Dr. V.M. Núñez Alvarez Fdo.- Profa. Dra. M.S. Poblador Fernández Fdo.- Prof. Dr. J.L. Lancho Alonso

## Resumen

**Antecedentes.** La actividad física juega un papel importante en la mejora de la función cardiopulmonar y oxigenación arterial de la sangre (SaO<sub>2</sub>) en los ancianos.

**Objetivo.** Evaluar la eficacia terapéutica de los ejercicios en el tapiz rodante en la SaO<sub>2</sub>, el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2max</sub>) y la distancia caminada máxima en sujetos ancianos sanos.

**Diseño.** Estudio de intervención en El Hospital General del Salam, El Cairo (Egipto).

**Participantes.** 82 sujetos (41 grupo de intervención y 41 grupo de control, 20 hombres y 21 mujeres en cada grupo, edad media 65,1 ± 2,7 años, rango 60-69. Todos los participantes sanos, sin enfermedades crónicas, que superaron la prueba de esfuerzo cardiopulmonar.

**Intervención.** Los participantes fueron incorporadas en un programa de ejercicio en el tapiz rodante de intensidad moderada para alcanzar una fracción de 60% a 70% de la máxima frecuencia cardiaca del corazón. Después 12 semanas de actividad física controlada, el programa se hizo voluntariamente durante 36 semanas.

**Mediciones.** SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub> y máxima distancia caminada se midieron para cada individuo una semana antes y 12 semanas después de la formación y en la 30<sup>a</sup> y la 48<sup>a</sup> semana del programa. Estadística descriptiva: media, desviación estándar (± DE) y rango para los datos numéricos; frecuencia y el porcentaje para los datos no-numéricos por analítica estadística: los niveles de la *t de Student*, *ANOVA*, *test post hoc*, *Chi-cuadrado*, *prueba t pareada* y *regresión lineal* (o nivel significativo: *ns* =  $p > 0,05$ , *s* =  $p < .05$ ; *hs* =  $p < .01$ ).

**Resultados.** En el grupo de intervención ha habido un aumento en los valores medios de SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub> y la distancia máxima caminada después de las 12 semanas de ejercicio controlado y también en la semana 30 y la semana 48 del programa ( $P < 0,05$ ). Ha habido una disminución en los valores medios de VO<sub>2max</sub>, SaO<sub>2</sub> y la distancia máxima caminada después de la semana 30 y 48 en comparación con los valores de las primeras 12 semanas del programa.

**Conclusión.** El programa controlado de entrenamiento en el tapiz rodante durante 12 semanas mejoró SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub> y la distancia máxima caminada de los participantes. Los valores medios de los participantes disminuyeron después de la semana 30 y 48 debido a la falta de adherencia al programa sin supervisión.

*Palabras Claves: Ejercicio, Envejecimiento, Saturación de oxígeno, Salud, Prueba del Ejercicio Cardiopulmonar, VO<sub>2max</sub>.*

## Abstract

**Background.** Physical activity is known to play an important role in improving the cardio-pulmonary function and arterial blood oxygenation (SaO<sub>2</sub>) in elderly subjects.

**Objective.** To evaluate the therapeutic efficacy of treadmill exercises on SaO<sub>2</sub>, maximum oxygen consumption (VO<sub>2max</sub>) and maximum walking distance in elderly healthy subjects.

**Design.** Intervention study in El Salam General Hospitals, El Cairo (Egypt).

**Participants.** Our study included 82 subjects (41subjects intervention group & 41 subjects control group) All participants appeared healthy, without chronic diseases and passed the Cardiopulmonary Exercise Test.

**Intervention.** Participants were incorporated in a treadmill exercise program of moderate intensity to attain a fraction of 60% to 70% of the maximum heart rate. After 12 weeks of controlled physical activity, the program was made voluntarily for 36 weeks.

**Measurements.** SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub> and maximum walking distance were measured for each individual one-week before and 12 weeks after training and at the 30<sup>th</sup> and the 48<sup>th</sup> week of the program. Descriptive statistics: Mean, Standard deviation ( $\pm$  SD) and range for numerical data; Frequency and percentage of non-numerical data Analytical statistics: *Student T Test, ANOVA, post hoc test, Chi-Square, paired t-test and linear regression (levels o significance: ns = p>.05; s= p<.05; hs = p<.01.*

**Results.** Our study included 82 subjects 41 the control group & the other 41 were the intervention one, each group consisted of 20 men and 21 women, with mean age of 65.1  $\pm$  2.7 years (range 60-69).In the in the intervention group there was an increase in the mean values of SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub> and maximum walking distance after 12 weeks of controlled exercise and also at the 30<sup>th</sup> week and the 48<sup>th</sup> week of the program (p < 0.05). There has been a decrease in the mean values of VO<sub>2max</sub>, SaO<sub>2</sub> and maximum walking distance after the 30<sup>th</sup> and 48<sup>th</sup> week in comparison with the values after the first 12 weeks.

**Conclusion.** Controlled treadmill exercise for 12 weeks improved SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub> and maximum walking distance of the participants. The mean values of the participants decreased after the 30<sup>th</sup> and 48<sup>th</sup> week due to lack of adherence to the unsupervised program.

*Keywords: Treadmill, Exercise, Aging, Health, CPET, SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2 max</sub>, Walking Distance max.*





# ***INTRODUCCIÓN***

El envejecimiento es un proceso que conduce a la muerte y se caracteriza por alteraciones progresivas universales, perjudiciales e irreversibles, pero el envejecimiento no es una enfermedad. Podemos tratar los fenómenos relacionados con la edad, pero no el envejecimiento en sí mismo (**Teramoto y Ishii 2007**).

El término " Envejecimiento Activo" se refiere a la participación continua de los adultos mayores en forma individual y colectiva, en los aspectos sociales, económicos, culturales, espirituales y cívicos, y no solamente a la capacidad para estar físicamente en lo laboral o participar en la mano de obra.

La población de España se duplicó a lo largo del siglo XX como consecuencia de la explosión demográfica espectacular en la década de 1960 y principios de 1970. Después de ese tiempo, la tasa de natalidad cayó durante la década de 1980 y la población de España se estabilizó. Después de ese tiempo, la tasa de natalidad disminuyó durante los años ochenta y la esperanza media de vida en España estimada en 2006 es de 79,65 años (**Instituto Nacional de Estadística de España, 2005**). Aunque el riesgo de enfermedad y discapacidad se incrementan con la edad, la mala salud no es un resultado inevitable del envejecimiento a través de la práctica de un estilo de vida saludable, por ejemplo, practicar una actividad física regular y una alimentación saludable y el uso de prácticas de detección precoz de las varias enfermedades y a medida que la población de adultos mayores sigue aumentando parece ser imprescindible para los médicos de familia insistir a los pacientes sedentarios que practiquen ejercicios físicos de forma regular (**Nied y Franklin, 2002; Kravitz, 2010**).

En individuos sanos, los cambios debidos a la edad en el sistema pulmonar son lentos y progresivos. El declive en la función pulmonar no se nota hasta que la persona llega a los 60, 70 o incluso 80 años de edad. La Exposición a las toxinas ambientales a lo largo de la vida podría contribuir a una disminución más rápida en la función pulmonar de las personas mayores. Este declive puede afectar negativamente la capacidad de los mayores para practicar actividad física (**Camhi y Enright, 2000**). Esto puede ser particularmente evidente en los individuos que han llevado una vida sedentaria, ya que es conocido por promover el desgaste muscular y la debilidad (**Knight y Nigam, 2008**).

Las personas mayores tienen un mayor número de células inflamatorias y proteínas en las secreciones de sus pulmones en comparación con los individuos más jóvenes, y se ha

postulado que la inflamación de bajo grado en las personas mayores puede jugar un papel en la disminución gradual de la función pulmonar que se produce en asociación con la edad (**Meyer 2010**). Además tienen mayor riesgo de desarrollar una enfermedad pulmonar con el paso del tiempo (**Chan 1998**), y muestran una respuesta significativamente menor a la hipoxia y a la hipercapnia (**Brischetto et al 1984; Janssens 2005**). Con el envejecimiento se producen cambios en la forma de la caja torácica con un aumento de los diámetros tanto dorsal (cifosis) como antero posterior que causa la enfermedad restrictiva pulmonar distorsionando la caja torácica (**Janssens et al 1999; Teramoto 1999**).

Otros cambios en la función pulmonar incluyen la reducción en las tasas del flujo espiratorio, la capacidad de difusión del monóxido de carbono y la saturación de oxígeno que conducen a la disminución de la superficie alveolar. La ampliación del espacio aéreo terminal se ha denominado enfisema senil, que difiere del enfisema patológico en que no hay fibrosis de la pared alveolar (**Camhi y Enright, 2000**). También hay una disminución del factor de crecimiento vascular endotelial en las secreciones pulmonares que se asocia a la edad avanzada, lo que sugiere que la mínima alteración en la producción de este factor puede vincularse al enfisema y a cambios que se producen en el pulmón envejecido (**Meyer 2010**).

Una tendencia hacia una saturación menor del oxígeno arterial ( $SaO_2$ ) en los mayores sugiere que los procesos biológicos del envejecimiento en uno o más sistemas se están llevando a cabo (**Beall 2000**).

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx) es considerado como el criterio de medida de la aptitud cardiorrespiratoria. Los factores importantes que influyen en el consumo máximo de oxígeno en adultos sanos son: la edad, el sexo, la herencia, la composición corporal, el estado de la formación, el modo de ejercicio y una serie de enfermedades (**Shephard 2009**), por lo tanto el ejercicio aeróbico es un tipo de ejercicio adecuado para el desarrollo y / o mantenimiento de su desempeño funcional en los adultos mayores (**Kalapocharakos 2007**).

El envejecimiento cardiovascular supone un riesgo importante, por lo cual es crucial modificar la estructura cardiovascular y la función cardíaca para la prevención o para el tratamiento de estas enfermedades cardiovasculares (**Lakatta 2002**). Con la edad hay una

disminución de la frecuencia cardíaca máxima, el volumen sistólico, el gasto cardíaco, la fracción de eyección y de consumo de oxígeno, mientras que se incrementan los volúmenes tele sistólico y tele diastólico (**Westerhof y O'Rourke 1995**). El declive de la capacidad aeróbica relacionado con el envejecimiento está asociado con causas de mortalidad de tipo cardiovascular en específico, lo que pueda llevar a un declive funcional y una dependencia (**Kalapocharakos 2007**).

No hay que olvidar que el envejecimiento está asociado, también, con un decrecimiento en el control postural, la velocidad de la marcha, la longitud de la zancada y la distancia recorrida durante la prueba de marcha sincronizada así como un aumento en la variabilidad de la marcha y existen numerosas herramientas disponibles para ayudar a los profesionales sanitarios en la identificación y en la cuantificación de los trastornos de la marcha y de las capacidades funcionales (**Harris et al 2008**).

Además la reducción de la fuerza y de la flexibilidad en las personas de la tercera edad puede llevar a la pérdida de la independencia (**Wilmore, 2003**).

Las respuestas fisiológicas al entrenamiento consisten en cambios estructurales en los sistemas musculares y cardiovasculares periféricos, lo que representa una mejora en la capacidad de transporte de oxígeno y en la capacidad respiratoria de los músculos entrenados. Como resultado, el pico del VO<sub>2</sub> (consumo de oxígeno) se mejora con el entrenamiento aeróbico (**Bourbeau, 2010**).

La rehabilitación proporciona una motivación y un apoyo psicológico a los pacientes durante los ejercicios y los ayuda a comprender mejor sus limitaciones físicas, a ganar un control sobre la falta de aire y garantiza su seguridad durante el ejercicio (**Janssens, 2005**).

La Prueba del Ejercicio Cardio-Pulmonar (**PECP**), así como la distancia recorrida durante las pruebas de marcha, han demostrado ser útiles en la prescripción individual de la rehabilitación pulmonar y en el suplemento de oxígeno (**ERS et al 2007**).

Unos de los Protocolos de la PECP usados para los mayores es el arranque en rampa del sujeto a una velocidad relativamente baja sobre el tapiz rodante, que se

incrementa gradualmente hasta que el paciente tiene una buena zancada. El ángulo de la rampa de inclinación se aumenta progresivamente a intervalos fijos (es decir, de 10 a 60 segundos) a partir de 0 grados, con el aumento en el grado calculado sobre la capacidad funcional estimada del paciente, de tal manera que el protocolo se completó entre 6 y 12 minutos. En este tipo de protocolo, el ritmo de trabajo aumenta gradualmente (**Fletcher et al 2001**).

Antes de elegir las modalidades de ejercicio más adecuadas, el estadio de la enfermedad del paciente debe estar bien caracterizado y efectuar un electrocardiograma de estrés. Los pacientes deben contar con un programa de ejercicios de intervención individualizada, para optimizar el valor terapéutico (**Praet y van Loon, 2007**).

Caminar es la actividad que produce mayores tasas de adherencia, siendo además muy segura desde el punto de vista cardiovascular y del aparato locomotor. Es aconsejable realizar actividades variadas para disminuir la incidencia de lesiones, así como para hacer más ameno el ejercicio y crear mayor adherencia.

Según la determinación de la prueba de esfuerzo la meta del ritmo cardíaco del ejercicio de intensidad moderada tiene que estar entre un 40% y un 60% de la frecuencia cardíaca de reserva. La prueba de esfuerzo se calcula con la siguiente fórmula: frecuencia cardíaca máxima menos la frecuencia cardíaca en reposo x (40% a 60%) + la frecuencia cardíaca en reposo. Este rango de ritmo cardíaco puede ser utilizado para la prescripción inicial de muchos tipos de ejercicio dinámico y se puede aumentar hasta el 85% (de alta intensidad) si se tolera (**Fletcher et al 2001**).

También en la guía American College of Sports Medicine 2000, (ACSM, 2000) se menciona que la intensidad debe seguir las mismas directrices que para adultos sanos, que son entre 55/65% - 90 FC<sub>máx</sub> y 40/50-85% VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> (**American College of Sports Medicine, 2000**).

Después de un programa de ejercicios de entrenamiento durante 3 meses con el tapiz rodante en una población de tercera edad (edad media 69 años), hubo una mejoría de la distancia caminada con un aumento en la saturación del oxígeno (**Figoni et al 2009**).

Además los programas eficaces de entrenamiento aeróbico incrementan el  $VO_{2\text{máx}}$  de un 6.6% a un 30% en las personas de tercera edad (**Kalapocharakos, 2007**).

El ejercicio regular proporciona grandes beneficios en la salud de las personas mayores, igual que en el caso de adultos más jóvenes. También la actividad física regular está asociada con una disminución de la mortalidad y morbilidad relacionada con el envejecimiento. A pesar de esto, más de un 75% de personas de edad avanzada son insuficientemente activos para beneficiarse de estos ejercicios para la salud (**Nied y Franklin, 2002**).

En un estudio previo se encontró una relación positiva entre el cumplimiento y la retroalimentación (**Leventhal y Cameron, 1987**). Los pacientes cuyo cumplimiento fue supervisado y retroalimentado sobre sus evoluciones y progresos cumplieron mejor que los pacientes sin supervisión. Otro estudio demostró que el cumplimiento se redujo de 59% en el programa supervisado al 29% después de 6 meses de ejercicio sin supervisión, llegando a la conclusión que el cumplimiento de los pacientes en terapia física no es satisfactorio, aunque con supervisión mejora la adherencia (**Sluijs et al 1993**).

## ***OBJETIVO DEL ESTUDIO***



## Fundamentos

Los problemas cardio-pulmonares y vasculares son más comunes entre las personas de tercera edad. Sin duda, la actividad física podría jugar un papel importante en la mejora de la función cardio-pulmonar y de la saturación arterial de oxígeno (**Lakatta, 2002**).

### ***Este estudio formula las siguientes preguntas:***

***¿Podría mejorar el ejercicio en tapiz rodante la oxigenación de la sangre  $SAO_2$ , el Consumo Máximo de Oxígeno  $VO_{2\text{máx}}$  y la distancia caminada en las personas de la tercera edad?***

***¿Si la adhesión de los sujetos y el grado de cumplimiento al programa a corto y a largo plazo ha afectado los resultado del estudio?***

### ***El Propósito de este Estudio es:***

***1) Evaluar la eficacia terapéutica de los ejercicios en el tapiz rodante sobre la oxigenación de la sangre ( $SaO_2$ ), el Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ) y la distancia máxima caminada ( $DC_{\text{máx}}$ ) en la tercera edad.***

***2) Evaluar la adhesión y el grado de cumplimiento de los sujetos al programa supervisado a corto plazo y al programa libre a largo plazo.***

***5) Evaluar el efecto de los diferentes factores que pueden influir sobre los resultados del programa.***

## **Significado del Estudio:**

***La intención es mejorar la saturación arterial de la sangre, aumentar el consumo máximo de oxígeno y la distancia máxima caminada de las personas ancianas mediante la reducción de su falta de respiración y, por consiguiente, mejorar la función respiratoria y el aumento de su tolerancia al ejercicio.***

El proceso de envejecimiento produce una serie de cambios fisiológicos en el sistema cardio-pulmonar, vascular y muscloesquelético. Estos cambios en los mayores se reflejarán en su capacidad física, su tolerancia al ejercicio, su capacidad funcional y su capacidad para vivir de forma independiente (***Carter et al 2003***).

El envejecimiento está asociado con una disminución en el control postural, la velocidad de la marcha, la longitud de la zancada y la distancia recorrida durante la prueba de marcha sincronizada, así como el aumento en la variabilidad de la marcha (***Harris et al 2008***).

El rendimiento de máxima potencia para el ejercicio de las piernas se ve limitado por una o más de las etapas cardio-respiratorias centrales de la cadena de transporte de oxígeno (***Carter et al 2003***).

A menudo, las personas de la tercera edad son derivados a los geriatras, debido a sus quejas de las dificultades progresivas que manifiestan en la marcha. El enfoque diagnóstico y terapéutico de estos pacientes es complejo. Subsistemas fisiológicos múltiples pueden influir en la capacidad de caminar. Actualmente no hay criterios estándares disponibles para determinar si estos subsistemas están funcionando dentro del rango normal (***Ferrucci et al 2002***).

La desaceleración de la producción de la fuerza explosiva (PFE) observada en las personas de la tercera edad tiene consecuencias funcionales muy importantes. El rápido desarrollo de la fuerza, especialmente de los músculos anti-gravedad de las extremidades inferiores, contribuye a muchas tareas diarias como subir escaleras, caminar e incluso a la prevención de caídas (**Izquierdo et al 1999; Bellew et al 2003**).

El enfoque multidisciplinario individualizado y la formación continuada de ejercicio bajo la supervisión personal, son esenciales para mejorar el cumplimiento de las tareas y para obtener beneficios saludables a largo plazo, dentro de un programa de intervención de ejercicios (**Praet y van Loon, 2007**).

## ***REVISIÓN DE LA LITERATURA MÉDICA***

## Envejecimiento

El envejecimiento es un proceso que conduce a la muerte y se caracteriza por alteraciones progresivas universales, perjudiciales e irreversibles, pero el envejecimiento no es una enfermedad. Podemos tratar los fenómenos relacionados con la edad, pero no el envejecimiento en sí mismo (**Teramoto y Ishii, 2007**).

### Envejecimiento activo

Fue definido en 1999 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como "el proceso de optimización de las oportunidades de salud, participación y seguridad con el fin de mejorar la calidad de vida a medida que las personas envejecen".

El término "activo" se refiere a la participación continua de los adultos mayores de forma individual y selectiva, en los aspectos sociales, económicos, culturales, espirituales y cívicos, y no solamente a la capacidad para estar físicamente en lo laboral o participar en la mano de obra. La participación de las personas de la tercera edad en programas de ejercicio aeróbico mejora considerablemente la salud, el estado físico, la calidad de vida y la independencia natural (**Kalapocharakos, 2007**). La edad en sí misma representa un factor de riesgo de morbilidad y mortalidad independientemente de que esta acompañada de una larga lista de enfermedades, lesiones, hospitalización y reacciones adversas a medicamentos (**Classen et al 1997**). Se estima que en el año 2035, casi una de cada cuatro personas tendrá sesenta y cinco años de edad o más. (**Lakatta, 2002**).

La población de España se duplicó durante el siglo XX como consecuencia de la explosión demográfica espectacular en la década de 1960 y principios de 1970.

Después de ese tiempo, la tasa de natalidad cayó a través de la década de 1980 y la población de España se estabilizó.

El número absoluto y la proporción de los mayores de 65 años de edad en EE.UU. es cada vez mayor. Se estima que para el año 2020, las personas mayores de 65 años de edad representarán el 21% de la población general (**Randall, 1993**).

Sin duda, la actividad física podría jugar un papel importante en la mejora de la función cardio-pulmonar y de la tensión arterial de oxígeno (**Lakatta, 2002**) y sería imprescindible para los médicos de familia insistir a los pacientes sedentarios de practicar ejercicios físicos de forma regular (**Nied y Franklin, 2002**).

La prueba del ejercicio cardiopulmonar (PECP), así como la distancia recorrida durante las pruebas de marcha, han demostrado ser útiles en la prescripción individual de la rehabilitación pulmonar y en el suplemento de oxígeno. Estas pruebas deben ser las indicaciones principales para la prueba de esfuerzo en estos grupos de pacientes (**ERS et al 2007**).

### **Teorías del envejecimiento**

El envejecimiento es el resultado de la acumulación de "misrepair", y el envejecimiento del cuerpo es necesariamente al nivel de los tejidos.

Esta teoría ayuda a responder a las preguntas:

*¿Por qué y cómo se envejece?, ¿Por qué el envejecimiento tiene un logro en la evolución? y ¿Por qué tenemos una longevidad limitada?*

El envejecimiento de la célula es el resultado de la acumulación de "misrepair" de la estructura intracelular, La inhibición de la inflamación crónica podría ayudar a reducir las enfermedades relacionadas con el envejecimiento, pero sería acompañado con alto riesgo de otras enfermedades. (**Wang et al 2009**).

Muchas teorías se han propuesto para responder a la pregunta de a qué edad y cómo se envejece.

Estas teorías se dividen en dos grandes grupos: la regulación genética y la acumulación de daños. En otro término, teoría genética y no genética.

## **A. Teorías genéticas del envejecimiento**

### **Las teorías de control de genes**

La teoría de la mutación-acumulación asume que la selección débil por naturaleza, un punto interesante que permanece sin respuesta es porque los genes mutan a ser deletéreos (*Wang et al 2009*).

*Adelman et al (2000)* interpretaron que la teoría genética es la catástrofe del error.

La edad se asocia con la disminución de las funciones celulares que se atribuyen a errores en la síntesis. La repetición de estos errores en síntesis de las proteínas pueden ser suficientemente grandes como para afectar a la función celular y para participar en su envejecimiento.

### **Las teorías de la acumulación de daños**

#### **Mecanismo del envejecimiento**

El envejecimiento es el resultado de la acumulación de errores a nivel celular y molecular debido a la limitación de mantenimiento y reparación, la fuerza motriz subyacente es el daño. (*Kirkwood, 2006*).

### **Una nueva teoría del envejecimiento**

El "daño" puede significar el daño primario antes de la reparación y / o la reparación incompleta después de los daños. Los ejemplos típicos incluyen la Mal reparación del ADN después de roturas en la doble cadena de ADN (*Little y Chartrand , 2004*) y la formación de cicatrices y el termino 'Malreparación' parece aplicable en un sentido más amplio, no sólo en el ADN, sino también en otros tipos de reparación incorrecta debido a un mecanismo similar (*Wang et al 2009*).

### **El concepto de "misrepair"**

Se define el concepto de "misrepair" como la reconstrucción errónea de una estructura, después de reparar el daño original, que puede conducir a un cambio de la

molécula/célula/estructura del tejido y a una reducción de la función, que aparecen de diferentes maneras (**García, 2002**), la reorganización de ECM (**Cook, 2000**).

La reorganización celular, la fibrosis del tejido y la mayoría de los cambios de la degeneración, como la degeneración hialina (el cuerpo de Mallory), etc, de hecho son los productos de la "mala reparación" (**Eliasieh, 2007**).

Entonces, se puede decir que el envejecimiento es el resultado de la acumulación de "malas reparaciones" pues una estructura incorrecta no puede ser reparada mas (vuelve al estado anterior al daño) y persiste como una 'cicatriz', Por lo tanto, es una "mala reparación" y no el daño inicial que se acumula (**Kirkwood, 2005**), y el envejecimiento y la muerte final del individuo es sólo el precio a pagar (**Wang et al 2009**).

## **B. Teorías no genéticas del envejecimiento**

### **De los radicales libres**

Los radicales libres son unos compuestos químicos altamente reactivos que tienen un electrón no emparejado, que interactúan con otras moléculas celulares y pueden causar cambios en el comportamiento de proteínas y otros daños. Estas reacciones continúan hasta que uno de los pares de radicales libres se encuentra con otro, o con un antioxidante, que pueden absorber de forma segura el electrón adicional (**Adelman et al 2000**).

### **El tejido conectivo**

Como la persona envejece, se producen cambios observables en el colágeno. Estos enlaces cruzados afectan al flujo de nutrientes y a los productos de desecho de las células, lo que ocasiona el deterioro de sus funciones.

### **El sistema de los órganos**

Con el envejecimiento, el sistema inmunológico del cuerpo se vuelve defectuoso, ataca a las proteínas extrañas de bacterias y virus y también produce anticuerpos contra sí mismo. Esta explicación del sistema inmune está relacionada con los procesos de muchas enfermedades que aumentan con la vejez, como son los casos del cáncer, de la diabetes y de la artritis reumatoide (**Adelman et al 2000**).



## **Los cambios relacionados con la edad del sistema pulmonar**

Los cambios estructurales del pulmón producidos por el envejecimiento.

A partir de la tercera década de la vida, los cambios estructurales en el sistema respiratorio dan como resultado un lento descenso en la función pulmonar, estos cambios pueden ser difíciles de evaluar, debido a que los pulmones interactúan con el medio ambiente y están continuamente expuestos a la contaminación del aire (**Camhi y Enright, 2000**). Uno de los cambios anatómicos más importante es un empequeñecimiento de las vías respiratorias debido, principalmente, a alteraciones en el tejido conectivo de apoyo.

En un estudio postmortem de las vías respiratorias, el principal determinante de la resistencia pulmonar fue el diámetro bronquiolar, que disminuye significativamente después de los 40 años (**Chan y Welsh, 1998**). En el envejecimiento, tanto la concentración de colágeno de pulmón y el porcentaje de colágeno tipo III aumentan. Aunque, el aumento observado en el colágeno no se correlaciona con la disminución conocida en el retroceso elástico al envejecer. (**Reiser, 1994**) Además el aumento en el colágeno tipo III a lo largo de las paredes alveolares y las fibras elásticas disminuyen en el pulmón envejecido. (**Sell et al 1996**).

Estos cambios anatómicos dan cuenta de los siguientes cambios fisiológicos que están presentes en el pulmón senil: (1) disminución de la recuperación elástica, (2) aumento de la distensibilidad pulmonar, (3) disminución de la capacidad de difusión de oxígeno con la edad, (4) cierre prematuro de las vías respiratorias que conduce a la ventilación-perfusión no coincidente y aumento alveolo-arterial de la caída de oxígeno, (5) cierre de las vías respiratorias pequeñas que ocasiona el atrapamiento del aire y (6) disminución de las tasas de flujo espiratorio. Estos cambios funcionales son similares a los observados en el enfisema (**Rraman, 1997**).

La distensibilidad del pulmón es el resultado de la disminución de la presión requerida para distender el pulmón a un volumen determinado; en cambio, la pared torácica disminuye con la edad. Esta reducción de la pared torácica es de un mayor grado que la distensibilidad de los pulmones (**Polkey et al 1997**).

La función muscular respiratoria es esencial para la vida. Los músculos respiratorios, se contraen repetidamente, aproximadamente de 12 a 20 veces por minuto cada día de

nuestras vidas. Debido a que los músculos inspiratorios se utilizan con frecuencia, no tienen oportunidad de descansar y puede convertirse en fatiga o en heridas en aquellas condiciones que el sistema sobrecarga las vías respiratorias (**Reid y Dechman, 1995**).

Ni la atrofia, ni el cambio en los tipos de fibra muscular del diafragma se producen con la edad y por lo tanto, la disminución de la fuerza del diafragma en los pacientes de edad avanzada se atribuye a la fatiga respiratoria en las enfermedades que requieren alta ventilación minuciosa (**Tolep y Kelsen, 1993**).

En general, la fuerza del diafragma se reduce aproximadamente un 25% en individuos sanos de edad avanzada en comparación con adultos jóvenes (**Enright et al 1994**).

En contraste con la preservación de la masa del músculo diafragmático al envejecer, los músculos espiratorios intercostales, y en menor medida los músculos inspiratorios intercostales, sufren atrofia, con una disminución aproximada del 20% y del 7% respectivamente, en el área transversal, para sujetos que han superado la quinta década de su vida (**Chan y Welsh, 1998**). Las máximas presiones espiratoria e inspiratoria generadas por los individuos jóvenes son mayores que las generadas por los sujetos mayores de edades comprendidas entre los 75 y los 90 años, además en las mediciones de máxima ventilación voluntaria. Los cambios positivos y negativos en la presión esofágica disminuyen progresivamente con la edad. Estos cambios pueden deberse a una reducción del número y del tamaño de las fibras musculares (**Mizuno, 1991**).

La medición de la fuerza muscular respiratoria también muestra una disminución con la edad, aunque la contribución relativa del diafragma o de los músculos intercostales a esta disminución no está bien caracterizada (**Tolep et al 1995**).

Con la edad, hay un aumento gradual de la calcificación de las costillas, sobre todo en la parte anterior cartilaginosa (costal) las zonas cercanas al esternón y, en menor medida, en las zonas donde las costillas se articulan con la columna vertebral. Estos cambios conducen a un aumento progresivo de la rigidez de la pared torácica (**Janssens et al 1999**). Sin embargo una reducción gradual en la fuerza de los músculos respiratorios, debida

principalmente a una pérdida de la masa muscular (las unidades motoras) en el diafragma y los intercostales. Estos cambios son evidentes en los individuos que han llevado una vida sedentaria, ya que es conocido por promover el desgaste muscular y la debilidad (**Knigh y Nigam, 2008**).

Con el envejecimiento, hay un aumento en el tamaño de los bronquiolos respiratorios, los sacos alveolares, y los conductos alveolares, y una pérdida de los tejidos de la pared alveolar. Estos cambios conducen a la disminución del área superficial alveolar. El alargamiento de la terminal del espacio aéreo se ha denominado "enfisema senil", aunque difiere del enfisema patológico en el que no hay fibrosis de la pared alveolar (**Verbeken et al 1992**). Las vías aéreas distales, que dependen del retroceso elástico del pulmón para la permeabilidad, son más pequeñas en las personas de la tercera edad, por lo tanto se cierran a mayor volumen de los pulmones durante la exhalación (**Camhi y Enright, 2000**). Con el envejecimiento, la rigidez de la pared torácica tiene consecuencias negativas mecánicamente mensurables. Un hombre de 70 años de edad gasta el 70% del trabajo elástico total de la respiración en la pared torácica, en comparación con el 40% para un hombre de 20 años. Existe una gran variación entre los individuos y los géneros.

Hay decrecimientos relacionados con la edad, tanto de la fuerza muscular respiratoria, como de la resistencia, de aproximadamente un 20% hacia la edad de 70 años. (**Oskving, 1999**).

Además, algunos estudios mostraron que las personas mayores tienen una disminución de la respuesta ventilatoria a la hipoxia y a la hipercapnia (**Camhi y Enright, 2000**).

La presentación de ciertos trastornos respiratorios también puede diferir en las personas de la tercera edad, debido en parte, a una menor reserva respiratoria, al embotamiento de la unidad hipercárbica e hipoxia o disminución de la percepción de la disnea (**Connolly et al 1992**).

## **Los cambios de la función pulmonar debidos al envejecimiento.**

Se ha demostrado que, incluso en la población de las personas sanas de la tercera edad, la función pulmonar se deteriora con la edad.

La capacidad pulmonar total (CPT) es el volumen total de aire en los pulmones tras una inspiración profunda. En un hombre el promedio es alrededor de 6 litros y en las mujeres es alrededor de 4,2 litros. La CPT no cambia significativamente durante toda la vida. Se ha planteado la hipótesis de que esto se debe a que la reducción de la elasticidad pulmonar se ve contrarrestada por la mayor rigidez de la pared torácica. Como la capacidad pulmonar total (CPT) se mantiene bastante constante, hay un aumento en el volumen residual debido a los mismos mecanismos. La capacidad residual funcional (CRF) también aumenta con la edad, aunque en menor grado, porque este aumento es ligeramente contrarrestado por un endurecimiento de la pared torácica (**Chan y Welsh, 1998; Knight y Nigam, 2008**).

Las vías respiratorias cierran en un menor volumen de aire exhalado, lo que aumenta el volumen de cierre. El volumen de cierre empieza a exceder el (CRF) en decúbito supino alrededor de los 44 años de edad, y a superar la posición de sentada (CRF) alrededor de los 65 años de edad (**Tockman, 1994**). El significado de esto es que los bronquiolos terminales cierran en las partes dependientes de la corriente de respiración pulmonar, lo que contribuye a la reducción de la tensión arterial de oxígeno que se encuentra en personas de edad avanzada (**Chan y Welsh, 1998**).

La capacidad vital (CV) es el volumen total de aire que puede exhalar después de una inspiración profunda. En un hombre promedio de 25 años esto es alrededor de 5 litros, disminuyendo aproximadamente a 3,9 litros a los 65 años. También se observa una disminución de 3,5 litros en las mujeres de 25 años, a 2,8 litros a los 65 años.

Estas reducciones en el capital de riesgo se deben principalmente al aumento gradual de la rigidez de la pared torácica y a la pérdida de fuerza de los músculos respiratorios mencionados anteriormente (**Knight y Nigam, 2008**).

La capacidad vital forzada (CVF) es el volumen máximo de gas que puede ser espirado con toda la fuerza después de una inspiración máxima. El volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) es el volumen de gas espirado durante el primer segundo de una maniobra de CVF. En una población relativamente saludable las funciones espirométricas declinan con la edad. Se ha estimado que el volumen espiratorio forzado (VEF) disminuye en un 30 ml / año en hombres y 23 ml / año en mujeres que no fuman, y que la tasa de disminución es aún mayor después de los 65 años. La disminución de la CVF en los hombres no fumadores se estima entre 14 y 30 ml / año, y para las mujeres no fumadoras es entre 15 y 24 ml / año (**Chan y Welsh 1998; Sadowsky, 2001**).

La presión inspiratoria máxima (PI máx) y la presión espiratoria máxima (PE máx) disminuyen con la edad, especialmente en mujeres mayores de 55 años de edad (**Chan y Welsh, 1998**). Se sugirió que la exposición acumulativa a los oxidantes (si son endógenas o exógenas) puede conducir a una disminución en la función pulmonar, siempre asociada al aumento de la edad (**Dow et al 1996**).

### **El flujo espiratorio**

La pérdida del retroceso elástico del pulmón que acompaña el envejecimiento tiene como resultado la reducción de las tasas de flujo espiratorio máximo y el aumento de la capacidad residual funcional (CRF) en reposo, esto justifica que las personas mayores, alcanzan mayores limitaciones mecánicas ventilatorias durante el ejercicio que las personas jóvenes (**Knudson, 1991**). La rama descendiente de la curva flujo-volumen de los adultos jóvenes sanos es una línea recta de unos 45 grados hasta el final de la maniobra. Al envejecer, la forma de la curva flujo-volumen se convierte en más cóncava hacia el eje de volumen. Muchos factores contribuyen a una disminución patológica del VEF en personas mayores de edad, cualquier enfermedad que provoca la obstrucción de las vías respiratorias con una tasa baja de VEF: CVF. (**Camhi y Enright 2000**).

### **Los volúmenes de pulmón estático**

Con el envejecimiento, la disminución de la retracción elástica pulmonar se ve afectada por el aumento de la rigidez de la pared torácica, por lo tanto, un esfuerzo

inspiratorio máximo, no consigue un mayor volumen de pulmón y como resultado, la capacidad pulmonar total (CPT) se mantiene casi inalterable con el envejecimiento.

Pequeños descensos en la CPT vistos en las personas mayores pueden ser causados por la disminución de la fuerza muscular inspiratoria y por la pérdida de altura.

La capacidad residual funcional (CRF) es el volumen pulmonar al final de la respiración tranquila normal cuando se relajan todos los músculos respiratorios. CRF es aproximadamente la mitad del CPT cuando una persona está sentada o de pie. CRF aumenta ligeramente con la edad a medida que disminuye el retroceso elástico del pulmón.

Tanto la capacidad vital lenta como forzada disminuyen con la edad. Los estudios transversales estiman la disminución de la capacidad vital de 21 a 34 ml / año en hombres y de 19 a 29 ml / año en mujeres. También el volumen residual constantemente aumenta con la edad y el volumen de cierre se incrementa linealmente con la edad. El impacto de este cambio es que alrededor de los 45 años el volumen de cierre se aproxima al volumen de la corriente de aire en la posición de decúbito supino, y a los 65 años son iguales en la posición sentada. Esencialmente, todas las tasas de flujo espiratorio disminuyen con la edad y tienden a caer más rápido en los hombres y en los individuos más altos (**Knudson 1991; Akiyama et al 1993; Quanjer et al 1993; Krowka et al 1997; Oskving, 1999**).

### **La capacidad de difusión**

La capacidad de difusión del pulmón para el monóxido de carbono (DPCO) refleja la transferencia de gas mediante la medición de la cantidad de monóxido de carbono que se absorbe en la sangre (ml / min / mm Hg), de una prueba de gas durante una retención de respiración de 10 segundos. (**Camhi y Enright, 2000**).

Después de la edad de 40 años, la DPCO disminuye un 5% por década en las personas sanas que nunca han fumado. (**Neas y Schewartz, 1996**).

### **Los cambios del intercambio de gas con el envejecimiento**

Con el envejecimiento, Los cambios en la mecánica de los pulmones y en la pared torácica también pueden conducir a la alteración de la función de intercambio de gas en las personas de la tercera edad. El desajuste de la tasa de la ventilación perfusión produce al cierre de las pequeñas vías respiratorias, al aumento en el contenido de colágeno de las

paredes alveolares y a la disminución de la superficie alveolar que contribuyen a un mayor gradiente alveolar-arterial de oxígeno (**Neas y Schwartz, 1996**).

Los numerosos estudios han demostrado que el PaO<sub>2</sub>, tanto en reposo como durante el ejercicio, decrece con el envejecimiento, había una relación lineal entre la edad y el PaO<sub>2</sub>, con una ecuación de regresión de PaO<sub>2</sub>=109 - (0.43 x edad) (**Chan y Welsh, 1998**).

**Siggaard-Andersen et al (1990)** también han demostrado que a nivel del mar, o cerca de él, el PaO<sub>2</sub> está inversamente relacionado con la edad. Sin embargo, más recientemente se ha demostrado que la disminución en el PaO<sub>2</sub> con el envejecimiento no es lineal después de la edad de 65 años. (**Cerveri et al 1995**). Hay un declive claro en el PaO<sub>2</sub> en las personas hasta los 70 y los 74 años de edad, seguido por una elevación ligera en el PaO<sub>2</sub> en las personas de edades entre los 75 y los 90 años. Esta panorámica puede deberse a un efecto de supervivencia (**Chan y Welsh, 1998**).

El índice de masa corporal y el PaCO<sub>2</sub> también influyeron en el PaO<sub>2</sub> para el grupo cuya edad oscila entre los 40 y los 74 años. Estos cambios en el PaO<sub>2</sub> son magnificados por el más bajo rendimiento cardíaco que se observa más en las personas de la tercera edad y por consecuencia se produce un mayor extracto de oxígeno, una saturación venosa mixta reducida y también un PaO<sub>2</sub> reducido (**Cerveri et al 1995**).

La saturación de oxígeno es el porcentaje de hemoglobina ligada al oxígeno (**Sadowsky, 2001**) y la hemoglobina es un compuesto de la proteína-hierro en las células rojas de la sangre que llevan oxígeno de los pulmones a los tejidos del cuerpo (**Lewis et al 1994**).

La reducción en oxigenación es una parte normal del envejecimiento, indicada por un nivel de PaO<sub>2</sub> y una saturación de O<sub>2</sub>, más bajo, pero un cambio en el nivel del dióxido de carbono se considera el reflejo de una enfermedad pulmonar. Las personas mayores saludables que vivían a una altitud moderada tenían la saturación de oxígeno significativamente más baja que la saturación del oxígeno de las personas que vivían al nivel del mar. (**Ogburn-Russell y Johnson, 1990**).

Se apreció que, en las personas de la tercera edad, la presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>) en la sangre arterial decrecía con el aumento gradual de PO<sub>2</sub> alveolar arterial. La capacidad de difusión del pulmón decreció a expensas del factor de la membrana. Estos cambios relacionados con el envejecimiento eran, principalmente, debidos a una disminución

en la difusión pulmonar y a una coordinación impropia de ventilación y perfusión en los pulmones. (**Korkushko et al 1991**).

Con el envejecimiento, los cambios en la circulación pulmonar son difíciles o imposibles de separar de los cambios circulatorios atribuibles al corazón y al sistema circulatorio. (**Oskving, 1999**). Sin embargo, los perfiles característicos de respuesta cardiopulmonar y de intercambio de gas fueron diferenciables al usar PECP, por lo tanto, podría ayudar en el diagnóstico diferencial entre la limitación pulmonar y cardíaca al ejercicio (**ERS et al 2007**).

Con el envejecimiento el intercambio de gases decae un 0.5% por año, situación que está en correlación con la disminución de la superficie interior de pulmón, y el declive en PaO<sub>2</sub>, con el envejecimiento, es notable y responde menos a la suplementación de oxígeno. El riesgo de hipoxemia en pacientes con edad superior a los 70 años requiere oxígeno suplementario para cualquier procedimiento después de la sedación. Cuanto más viejo es el individuo, menor y más tardía será su respuesta a la hipoxemia y a la hipercapnia en hombres y mujeres (**Oskving, 1999**).

El valor máximo de SaO<sub>2</sub> declina notablemente en la quinta y sexta década. Las mujeres adultas mantuvieron un SaO<sub>2</sub> más alto y empezaron a exhibir diferencias a una edad más tardía que los hombres. Además la enfermedad pulmonar o cardiovascular podría disminuir la saturación de oxígeno. Por consiguiente, la muestra escogida por Beall en su estudio se limitó a personas que dijeron de sí mismos ser saludables. Cuando se mide el SaO<sub>2</sub> por oximetría de pulso es un procedimiento no invasivo, se ha validado contra las medidas invasivas y se ha encontrado exacto y preciso a lo largo de los valores dados. El tabaquismo podría dañar la función pulmonar y disminuir el SaO<sub>2</sub>.

Sin embargo, el fumar también aumenta la concentración del carboxihemoglobina, situación que el oxímetro del pulso no distingue de la oxihemoglobina. Así, los fumadores pueden tener falsamente elevadas lecturas de SaO<sub>2</sub> y, por lo tanto, fueron excluidos del estudio de Beall (**Beall, 2000**).



## **Los cambios del sistema cardiovascular relativos a la edad**

El declive en la capacidad aeróbica relacionado con el envejecimiento está asociado con causas de mortalidad cardiovascular y puede llevar a un declive funcional y a una dependencia (**Kalapocharakos, 2007**). La edad avanzada siempre está acompañada de un declive general en la función de los órganos y específicamente, por la alteración en la estructura y en la función del corazón, que eventualmente, afectaría al rendimiento cardiovascular (**Priebe, 2000**).

El envejecimiento cardiovascular es peligroso. Por tanto, la modificación de la estructura y la función cardiovascular son críticos para la prevención o el tratamiento de enfermedades cardiovasculares en las personas mayores (**Lakatta, 2002**). La participación de personas adultas en programas de ejercicios aeróbicos mejora considerablemente la salud, la disponibilidad física, la calidad de vida y la independencia natural (**Kalapocharakos, 2007**).

Las tensiones arteriales sistólicas aumentan significativamente de los 20 a los 80 años. Especialmente, la tensión arterial sistólica tiende a aumentar con el envejecimiento, mientras la presión diastólica aumenta hasta aproximadamente los 60 años de edad, después se estabiliza o incluso cae (**Oskving, 1999**). Los estudios de presión arterial (PA) han revelado que la presión sistólica aumenta aproximadamente de 6.0 a 7.0 mm Hg por década, pero la presión diastólica cambia poco con el envejecimiento y puede caer según la subida de la presión sistólica (**Franklin et al 1997**).

Múltiples estudios han enfatizado el impacto de la tensión arterial sistólica en los casos cardiovasculares de los adultos más viejos (**Franklin y Weber ,1994**). Además, la presión sistólica se infravalora cada vez más por el esfigmomanómetro de puño con el avance de la edad. El aumento en la rigidez arterial relacionado con el envejecimiento se limita a la aorta y a las arterias elásticas y no se encuentra en las arterias periféricas. Con el tiempo esta rigidez produce una subida progresiva en la presión sistólica (**Benetos et al 1993**).

Parecido al sistema respiratorio, el corazón con el envejecimiento disminuye su capacidad de respuesta inotrópico, cronotrópico y vascular a las catecolaminas y a la estimulación del sistema nervioso simpático, aparentemente debido a factores del receptor (**Lakatta, 1993**).

En contraste con el efecto directo, el impacto de los cambios vasculares periféricos en el corazón envejecido es significativo. El rendimiento cardíaco en descanso, el volumen sistólico y el flujo aórtico máximo pueden cambiar poco con la edad, pero la respuesta cardiovascular al ejercicio disminuye progresivamente (**Stratton, 1994**).

**Westerhof y O'Rourke (1995)** informan que hay una disminución de la frecuencia cardíaca máxima, el volumen sistólico, el gasto cardíaco, la fracción de eyección y de consumo de oxígeno, mientras que se incrementan los volúmenes tele sistólico y tele diastólico.

### **Los cambios de la captación máxima de O<sub>2</sub> relacionados con el envejecimiento**

El consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx.) es considerado como el criterio de medida de la aptitud cardiorrespiratoria, es la tasa más alta en la que el oxígeno puede ser consumido durante el ejercicio o la tasa máxima a la cual el oxígeno se puede tomar en distribuido y utilizado por el cuerpo durante la actividad física. El VO<sub>2</sub>máx. se expresa generalmente en términos relativos (en relación con la captación de peso corporal) términos como mililitros de oxígeno consumido por kilogramo de peso corporal por minuto (mlO<sub>2</sub>/kg/min o ml/kg/min). La edad, el sexo, la herencia, la composición corporal, el estado de la formación, el modo de ejercicio y una serie de enfermedades son los factores importantes que influyen en el consumo máximo de oxígeno en adultos sanos (**Shephard, 2009**).

El aumento en el VO<sub>2</sub>máx depende de las características del individuo y de los componentes (modo, la duración, frecuencia e intensidad) del programa de ejercicio aeróbico. Por lo tanto, el ejercicio aeróbico es un tipo de ejercicio adecuado para el desarrollo y/o mantenimiento de su desempeño funcional en los adultos mayores (**Kalapocharakos, 2007**).

Como la necesidad de oxígeno aumenta, los sistemas cardiovasculares y respiratorios deben apoyar las necesidades metabólicas del cuerpo y dar respuestas adecuadas (**Wilmore, 2003**). Los programas eficaces de entrenamiento aeróbico incrementan el VO<sub>2</sub>max de un 6.6% a un 30% en los adultos mayores (**Kalapocharakos, 2007**).

Principalmente, durante el ejercicio de cuerpo entero, una reducción en la entrada de la convección del O<sub>2</sub> a los músculos trabajadores difiere de la madurez a la vejez. De hecho,

una función circulatoria central reducida, que conduce a una reducción de la entrada del  $O_2$  convectivo muscular, se ha citado como la causa primaria del  $VO_{2m\acute{a}x}$  reducido en la vejez (**Hepple et al 2003**).

Hay también un aumento relacionado con el envejecimiento en la disminución de la composición de la grasa en el cuerpo, en el declive del  $VO_{2m\acute{a}x}$  y un tiempo más largo al levantarse de una silla (poniéndose de pie desde la posición de sentado). Los hombres que tienen una composición de grasa más baja en el cuerpo, mejor  $VO_{2m\acute{a}x}$ . que las mujeres (**Wong et al 2003**).

**Richardson et al 1999**, muestran que  $VO_{2m\acute{a}x}$  es una función de una interacción entre el suministro del  $O_2$  y la capacidad oxidativa mitocondrial en las tasas de respiración mitocondrial. En otros términos, es muy probable que en la vejez, las alteraciones en la mitocondria contribuyan a la reducción de  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

A pesar de estar bien documentada la reducción de  $VO_{2m\acute{a}x}$  con el envejecimiento, el efecto desempeñado por el envejecimiento en las alteraciones de los músculos esqueléticos ha permanecido incierto, sobre todo porque las reducciones de la entrada del  $O_2$  inspirado tiende a oscurecer la influencia de los factores intrínsecos sobre los músculos esqueléticos (**Hepple et al 2003**).

Aunque el consumo de oxígeno fue ligeramente menor en el grupo de mayor edad que en los más jóvenes en reposo, el rendimiento cardíaco, el volumen sistólico y las mediciones de la frecuencia cardiaca fueron similares (**Beere et al 1999**).

### **Entrada de $O_2$ y el declive con el envejecimiento**

Los estudios han demostrado que una reducción del  $VO_{2m\acute{a}x}$  es una de las señales del envejecimiento. En los humanos, el declive en  $VO_{2m\acute{a}x}$  se estima de 8 a 10% por década después de la edad de 30 años, de los cuales puede ser aproximadamente la mitad de esta reducción atribuida a un estilo de vida sedentario (**Hepple et al 2002**).

Es bien sabido que el cambio en la entrada de  $O_2$  a los músculos esqueléticos contraídos en los seres humanos adultos y en modelos animales, como las ratas, produce

cambios proporcionales en el  $VO_{2m\acute{a}x}$ . También, se ha establecido que el flujo de sangre al músculo esquelético durante el ejercicio máximo y la entrada de  $O_2$  decaen con el envejecimiento (**Hepple et al 2003**).

La determinación rutinaria del flujo de oxígeno a los tejidos corporales (el consumo de oxígeno en reposo) se debe tener más en cuenta en la práctica. Un valor alto de la  $PO_2$  (mayor o igual a 50 mm Hg) en los extremos venosos de los capilares, es debido posiblemente a los procedimientos de la terapia de oxígeno de varios pasos y al ejercicio físico de gran alcance, así resulta un aumento de la micro circulación de la sangre y una elevación permanente de la entrada de oxígeno y la absorción. Este efecto puede persistir durante semanas, meses o incluso años. (**Ardenne, 1984**).

### **El músculo esquelético y el declive del $VO_{2m\acute{a}x}$ con el envejecimiento.**

La reducción de la masa muscular, la sarcopenia, es una característica bien descrita del envejecimiento humano y es debida a la reducción del número de fibras musculares y el tamaño de las fibras (**Frontera et al 2000**).

Antes de elegir las modalidades de ejercicio más adecuadas, el estadio de la enfermedad del paciente debe estar bien caracterizado, se debe realizar un electrocardiograma de estrés y los pacientes deben contar con un programa de ejercicios de intervención individualizada, para optimizar el valor terapéutico (**Praet y Van Loon, 2007**).

Se informó que la disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  entre las edades de 22 y 87 años en hombres y mujeres sanos se redujo aproximadamente a la mitad cuando el  $VO_{2m\acute{a}x}$  se normalizó a una estimación de la masa del músculo esquelético. Esto sugiere que los cambios cuantitativos en la masa del músculo esquelético contribuyen a la disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  con el envejecimiento (**Hepple et al 2003**). También la presencia de un número significativo de fibras denervadas en los animales viejos influiría en la sobrestimación de la masa muscular que se contrae y, por lo tanto, subestimaría la masa específica en los animales viejos (**Kent-Braun y Ng 1999**).

Sin embargo, esto no parece probable porque los estudios en humanos y ratas indican que existen diferencias mínimas en el grado de activación de la fibra muscular con el envejecimiento (**Urbanek et al 2001**).

En animales viejos, el  $VO_{2max}$  más bajo esta proporcional a la masa muscular que se contrae, lo que sugiere que puede ser debido a la influencia de factores distales al transporte de  $O_2$  muscular inspirado. Esto podría incluir la bioquímica mitocondrial alterada con la vejez, además se atribuye a los cambios del micro vascular que determinan la difusión de  $O_2$  de la sangre al tejido a nivel de los miocitos individuales (**Hepple et al 2003**).

### **Cambios del sistema del músculo esquelético relacionados al envejecimiento**

El mayor riesgo de caídas y lesiones relacionadas con la vejez, debidas a la pérdida de fuerza muscular y también a la pérdida de velocidad de contracción muscular, unidas a un deterioro significativo de la capacidad para recuperarse de una caída inminente, tienen como consecuencia una pérdida de su independencia (**Thompson y Brown, 1999; Höök et al 2001**).

En pacientes sarcopénicos o debilitados gravemente con diabetes tipo II, el enfoque debe recaer sobre la aplicación del ejercicio de resistencia para atenuar y/o revertir el declive en la masa y en la fuerza músculo esquelética (**Chargé et al 2002; Praet y Van Loon, 2007**).

En los humanos hay una pérdida progresiva de fuerza muscular con la edad. Las neuronas motoras y por consiguiente las unidades de motor se pierden con la edad, y esto es evidente en el hombre después de la edad de 60 años (**Luff, 1998**). También la capacidad aeróbica y anaeróbica disminuyen con el envejecimiento sedentario (**Coggan et al 1992**).

### **Hallazgos de la biopsia muscular**

**Porter et al (1995)** estudiaron secciones enteras cruzadas musculares del vasto externo e informaron que la atrofia relacionada con la edad muscular se debe principalmente a una reducción en el número de fibras de tipo II.

En un estudio los resultados principales en seis individuos fueron una reducción significativa en el porcentaje de fibras tipo I y una disminución en la densidad capilar. El

estudio podría sugerir que los resultados de la atrofia muscular se deben a una reducción en el número de las fibras musculares (**Frontera et al 2000**). La reducción en el tamaño de las fibras del tipo II podría ser en parte, debido al desuso y los estudios electrofisiológicos muestran un aumento en la densidad de fibras en las amplitudes macromotoras potenciales, indicando una reorganización de la unidad motora, lo más probable debida a la garantía de germinación. Es probable que tal compensación se acelere después de los 70 años de edad. Se dijo que había un 14% y un 25% de reducción en el tipo II A y II B respectivamente, en el tamaño de la fibra, después de 7 años y ningún cambio en el tamaño de la fibra del tipo I. Sin embargo, después de 4 años adicionales, las fibras del tipo I y II A mostraron un 30% de hipertrofia. La hipertrofia muscular se interpretó como una adaptación compensatoria por la pérdida de unidades motoras en los sujetos que mantuvieron su nivel de actividad física (**Aniansson et al 1992**).

### **La velocidad de la contracción muscular**

Con la edad hay transformación del tipo de fibra (contracción rápida a lenta), de tal forma que se proporciona así un mecanismo para modificar la velocidad de acortamiento de carga ( $V_0$ ) a nivel de todo el músculo. El envejecimiento se asocia con la pérdida de fuerza y de resistencia. La desaceleración de la producción de fuerza explosiva (PFE) tiene importantes consecuencias funcionales. El rápido desarrollo de la fuerza, especialmente en los músculos anti gravedad de las extremidades inferiores, contribuye a muchas de las tareas de la vida diaria como subir escaleras, caminar e incluso la prevención de caídas. La disminución de (PFE) relacionada con la edad es más evidente cuando se evalúa la producción de fuerza a niveles submáximos en lugar de a niveles máximos de fuerza. Dado que los seres humanos rara vez requieren la fuerza máxima en la vida diaria. También hay una desaceleración paralela de la velocidad de la contracción a nivel celular en ambos tipos de fibras, I y II A, aunque la reducción en  $V_0$  era menos pronunciada en rápido (30%) que en las fibras musculares lentas (46%). (**Larsson et al 1998; Izquierdo et al 1999; Thompson y Brown, 1999; Newton et al 2002 y Bellew et al 2003**).

## La fuerza muscular

La fuerza de los músculos extensores de la rodilla es un predictor de dependencia y de supervivencia. Así, la comprensión de la bases de la disfunción de este grupo muscular en la vejez tiene importantes implicaciones clínicas y sociales (**Frontera et al 2000**). Un ensayo clínico aleatorio de las extremidades inferiores (EI), para mejorar la capacidad de caminar después del accidente cerebro vascular ha demostrado, que después del accidente cerebro vascular crónico, la formación en tareas específicas durante la marcha en tapiz rodante con el apoyo del peso corporal, es más eficaz para mejorar la velocidad de la marcha y el mantenimiento de estos beneficios a los 6 meses del ciclismo resistido (**Sullivan et al 2007**).

Otros estudios transversales han demostrado unas reducciones significativas en la masa y fuerza muscular y alteraciones en la composición corporal con la edad. Sin embargo, la pérdida de fuerza con el tiempo es mayor en los estudios longitudinales, sugiriendo que un plan de estudio transversal subestima los cambios relacionados con el envejecimiento en la función del músculo (**Madsen et al 1997**).

Para **Frontera et al (2000)**, se han publicado pocos estudios longitudinales de fuerza muscular esquelética que comparen los cambios en la alteraciones funcionales, el tamaño del músculo y el tamaño del tipo de la fibra en una misma población a lo largo del tiempo y la pérdida significativa de la fuerza muscular en el envejecimiento, tanto en las velocidades angulares lentas y rápidas; también hay una mayor reducción en la fuerza isocinética en los músculos de las extremidades inferiores, al compararlos con las extremidades superiores

La disminución de los valores de la fuerza isocinética tiene un promedio de 14% por década en los extensores de la rodilla, y el 16% por década en los flexores de la rodilla en hombres y mujeres respectivamente. Las mujeres demostraron un ritmo más lento de disminución en los extensores del codo (**Hughes et al 2001**).

## **El tamaño del músculo**

El envejecimiento se asocia a una disminución del control postural, la velocidad de la marcha, la longitud de la zancada y la distancia recorrida así como un aumento en la variabilidad de la marcha durante el test de caminata cronometrada (**Harris et al 2008**).

Se puede estimar que, después de la edad de 50 años, la reducción de la superficie del músculo transversal (SMT) fue del 1,4% por año (**Frontera et al 2000**).

El envejecimiento afecta significativamente la arquitectura del músculo esquelético humano. Al envejecer hay alteraciones estructurales que tienen unas implicaciones en la función del músculo (**Narici et al 2003**).

Fue observada una disminución significativa en la proporción de fibra capilar. Esta reducción podría estar asociada con la disminución de las fibras de tipo I, que se sabe que tienen una mayor capilaridad en comparación con las fibras de tipo II. Esta reducción en la capilarización podría comprometer a la resistencia del músculo (**Frontera et al 2000**).

## **La respuesta cardiopulmonar al ejercicio en las personas de la tercera edad**

A medida que disminuye la función cardiopulmonar, la capacidad para ejercer las actividades de la vida diaria (AVD), disminuye y la calidad de vida se deteriora (**Carter et al 2003**). Los adultos mayores que participan en ejercicios de intensidad moderada durante 20 a 30 minutos casi todo los días de la semana, tienen una mejor función física que las personas mayores que están activas a lo largo del día o que están inactivos.

Cualquier tipo de actividad física es mejor que ninguna actividad para la protección contra las limitaciones funcionales, pero el ejercicio le confiere un mayor beneficio para la aptitud física (**Brach et al 2004**).

Los principios que sustentan las respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio de la parte superior del cuerpo (*tren superior*) en comparación con el ejercicio de la parte inferior (*tren inferior*) no están claros. Durante el ejercicio submáximo, las respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio de la parte superior del cuerpo no difieren significativamente de los realizados por



la parte inferior, siempre y cuando las cargas de trabajo de ambas partes del cuerpo se fijen un nivel de igualdad de fuerza relativa (**Faria y Faria, 1998; McKeoug et al 2003**).

La participación de los adultos mayores en los programas de ejercicio aeróbico mejora considerablemente la salud, condición física, calidad de vida y la independencia natural (**Kalapocharakos, 2007**). La caminata habitual puede dar beneficios saludables en términos de mejoría del rendimiento físico. Esto también refuerza la teoría de que las actividades de intensidad baja y moderada pueden mejorar la aptitud cardiorrespiratoria.

Sin embargo hay una inevitable caída fisiológica relacionada con la edad en la aptitud física. Con el envejecimiento el desajuste de la perfusión ventilatoria aumenta, pero hay que destacar que la magnitud del efecto de la edad es más o menos fisiológicamente pequeña y clínicamente insignificante (**Cardus et al 1997 ; Wong et al 2003**).

**Kalapocharakos (2007)** declara que se le da un valor de reconocimiento médico crítico a los programas de ejercicio aeróbico en su capacidad aeróbica, medido por el  $VO_{2m\acute{a}x}$  en relación al rendimiento funcional. Los programas eficaces de entrenamiento aeróbico aumentan el  $VO_{2m\acute{a}x}$  del 6.6% al 30% en los adultos mayores.

Los sujetos de la tercera edad con un mayor nivel de autocontrol de caminar, tenían un mejor  $VO_{2m\acute{a}x}$ ; cada minuto diario de aumento en la caminata habitual, incrementa el  $VO_{2m\acute{a}x}$  en 0.096 ml/Kg/min y está, posiblemente, asociado con una mayor velocidad de la marcha (**Wong et al 2003**). Las diferencias de la capacidad fisiológica de las tareas entre las extremidades superiores e inferiores limitan el rendimiento del ejercicio máximo y pueden repercutir en la percepción de la calidad de vida.

La producción de la máxima potencia del ejercicio de las piernas está limitado por una o más de las etapas cardiorrespiratorias centrales de la cadena del transporte de oxígeno.

Para los sujetos normales, la diferencia principal entre el trabajo del brazo y el de la pierna es la cantidad de la masa muscular involucrada en el esfuerzo. Las diferencias se prevén debido a la disminución de la función muscular (la bioenergética ineficaz), a la contracción competitiva de los grupos musculares para la ventilación y/o movimiento de las extremidades, al grado de la limitación del flujo aéreo, a la falta de entrenamiento y a la

ineficiencia de acoplamiento cardiopulmonar dinámico con el aumento de la demanda de trabajo (**Carter et al 2003**).

Los individuos normales tuvieron una reducción significativamente menor entre el final del volumen pulmonar espiratorio (FVPE) de la carga máxima del ejercicio de los brazos que la de las piernas. Esta diferencia en el cambio del FVPE del brazo frente al ejercicio de la pierna persistió en una ventilación sub máxima equivalente. Una posible explicación de esta consecuencia es que, durante el ejercicio del brazo, los músculos abdominales se requieren para la estabilización del torso; lo que posiblemente reduce su contribución a la regulación del FVPE en sujetos normales. La respuesta ventilatoria al ejercicio en las personas de la tercera edad es mayor que en jóvenes. Este hecho parece compensar una ineficacia creciente del intercambio de gases en las personas de la tercera edad (**Brischetto et al 1984; Janssens, 2005**).

La ventilación durante el ejercicio en las personas de la tercera edad está asociada con una mayor contribución abdominal que en los adultos jóvenes (**Teramoto et al 1995**).

El aumento en el  $\text{VO}_{2\text{max}}$  depende de las características del individuo y de los componentes del programa de ejercicio aeróbico (el modo, la duración, la longitud, la frecuencia y la intensidad). Por tanto, el ejercicio aeróbico es un tipo conveniente de ejercicio para el desarrollo y/o el mantenimiento del rendimiento funcional en los adultos de edad avanzada (**Kalapocharakos, 2007**).

El entrenamiento aeróbico cambia substancialmente la respuesta respiratoria al ejercicio, por un aumento tanto en la tasa respiratoria máxima como en el volumen corriente máximo (**Wilmore, 2003**). Además, el ejercicio regular proporciona varios beneficios para la salud tanto en las personas de la tercera edad como en el caso de adultos más jóvenes.

A pesar de esto, hasta el 75% de las personas mayores de edad son insuficientemente activos para lograr estos beneficios para la salud y existen pocas contraindicaciones para practicar el ejercicio físico, y casi todas las personas mayores pueden beneficiarse de una actividad física adicional (**Nied y Franklin, 2002**).

Se encontró que un aumento moderado en la esperanza de vida es posible incluso en aquellos que no iniciaron el ejercicio regular hasta la edad de 75 años. Esos pacientes, que

no han realizado ningún tipo de actividad física, reciben los mayores beneficios de salud. El ejercicio aeróbico es un factor crucial para el mantenimiento de la función cognitiva mas tarde en la vida y el beneficio agregado de endorfinas liberadas, debido a una actividad física, es insuperable como un modo de reforzamiento que no supone ningún riesgo (**Pate et al 1995; Bray, 2000**).

La actividad física tiene una influencia importante en el  $VO_{2max}$ . Después de 3 semanas de estar encamado hay un 25% de disminución en el  $VO_{2max}$  en hombres sanos (**Fletcher et al 2001**).

Incluso la más sana de las personas mayores pierde hasta un 50% de su masa muscular debido al proceso normal de envejecimiento y la pequeña pérdida añadida de la aptitud física, que se produce en asociación con un episodio de la enfermedad, puede hacer que, incluso una persona previamente sana de 80 años, sea inmóvil y dependiente. Sin embargo, hay pruebas sustanciales de que la pérdida de la aptitud física puede recuperarse con la actividad física regular, incluso en la extrema vejez y la única manera de alcanzar el  $VO_{2max}$ , es durante una prueba de ciclismo, siempre que el sistema cardiorrespiratorio trabaje a pleno rendimiento (**Mndroukas et al 200; McLaughlin, 2001**).

El consumo de oxígeno, la ventilación y el trabajo eficaz durante el ejercicio de las extremidades inferiores del cuerpo (EI), son significativamente ( $P < 0.05$ ) más altos que durante el ejercicio realizado con las extremidades superiores del cuerpo (ES). Los presentes resultados confirman que las respuestas cardiorrespiratorias y de eficiencia entre los ejercicios del brazo y de la pierna, no siempre son similares (**Marais et al 2002**).

Se dice que correr, montar en bicicleta y otras formas populares de ejercicio aeróbico proporcionan un estímulo suficiente para mejorar la condición cardiorrespiratoria. Se sabe mucho menos acerca de los beneficios aeróbicos de caminar.

Caminar, como una modalidad de formación, apoya la eficacia de esta forma de ejercicio para la obtención de una respuesta al entrenamiento aeróbico.

Un grupo de diez personas ancianas y otro grupo de 13 hombres más jóvenes se sometieron a la medición de las respuestas cardiovasculares centrales y periféricas antes y

después de un período de 3 meses de entrenamiento con cicloergometro. Con el entrenamiento, los grupos de mayor y menor edad aumentaron el consumo de oxígeno máximo en un 17.8% y 20.2%, respectivamente. Estos resultados sugieren que el declive relacionado con el envejecimiento en el consumo máximo de oxígeno es el resultado de un efecto de pérdida de condición reversible en la distribución del rendimiento cardíaco con el ejercicio muscular y una reducción relacionada con el envejecimiento en la reserva del rendimiento cardíaco.

El 91% de mujeres y el 83% de hombres de 50 años o más, sin formación física y aparentemente saludables, pueden alcanzar un umbral de entrenamiento aeróbico definido como mayor o igual al 70% de la frecuencia cardíaca máxima ( $FC_{\text{máx}}$ ), por medio de la caminata rápida. La disminución de la capacidad de respuesta adrenérgica en las personas mayores también puede ser responsable de los incrementos menores en la frecuencia cardíaca, en la presión sanguínea y en la capacidad del volumen de eyección limitado para compensar la bajada de la frecuencia cardíaca y relativamente del ejercicio del corazón y la ineficiente distribución del rendimiento cardíaco durante el ejercicio (**Beere et al 1999; Porcari et al 2002**).

**Bouchard et al (1999)**, encontraron que el  $VO_{2\text{ max}}$  aumenta de un 15% a un 25% con el entrenamiento aeróbico. Se postuló que un  $VO_{2\text{ max}}$  más bajo en las mujeres se atribuye a una menor masa muscular, hemoglobina, volumen sanguíneo y una presión sistólica más baja, comparados con los niveles de los hombres (**Fletcher et al 2001**).

Desde **1998** el **American College of Sports Medicine (ACSM Position Stand)** mantiene que el entrenamiento aeróbico provoca un cambio sustancial en la respuesta cardiovascular al ejercicio en las personas de la tercera edad. Aunque la función pulmonar y las capacidades de ejercicio son frecuentemente diferentes entre las poblaciones geriátricas y las más jóvenes, las mejoras en la salud cardiovascular, metabólica, endocrina y psicológica con el ejercicio están bien documentadas (**Frank-Stromborg, 1991; Belardinelli et al 1999; Kang et al 1999**).

El ejercicio cardiovascular mejora el estado mental y protege del cáncer, de las enfermedades cardíacas, de la diabetes y de la discapacidad física, mientras que por otro

lado incrementa la longevidad. En casos de discapacidad relacionada con la vejez, el ejercicio realizado por mayores influye en la duración de la discapacidad antes de la muerte **(Ilich et al 2002)**.

El volumen sistólico puede ser mayor que en un adulto más joven, pero una persona mayor tiene dificultades para mantener el volumen sistólico cuando alcanza el esfuerzo máximo. Sin embargo, la mayoría de los efectos directos del envejecimiento sobre el corazón son funcionalmente menores **(Stratton, 1994; Oskving, 1999)**.

La ventilación durante el ejercicio en las personas de la tercera edad está asociada con mayor contribución abdominal que en los adultos jóvenes y un cambio concomitante en el patrón respiratorio (mayor velocidad y menor volumen corriente) que puede resultar de una mayor rigidez de la caja torácica **(Teramoto et al 1995)**.

Las respuestas ventilatorias a la hipercapnia están disminuidas en los pacientes de edad avanzada, debido a la disminución de quimio-sensibilidad periférica, la reducción del rendimiento neural a los músculos respiratorios, la eficiencia mecánica y el desacondicionamiento físico **(McConnell y Davies, 1992)**. Por otra parte, la carga inspiratoria resistiva o la hipoxemia e hipercapnia combinadas suelen dar lugar a un menor aumento de la compensación ventilatoria en las personas de la tercera edad, que en los individuos más jóvenes **(Akiyama et al 1993)**. Esta respuesta en las personas de edad avanzada se ha determinado que se debe principalmente a una disminución de la sensibilidad periférica del dióxido de carbono **(Janssens, 2005)**.

En un estudio sobre los efectos del ejercicio y el dióxido de carbono inhalado sobre la respuesta ventilatoria entre los sujetos jóvenes y las personas de la tercera edad, hubo mayor incremento de la ventilación en los individuos mayores que ocurrió en ausencia de hipoxemia. Se especula que el aumento de la ventilación en las personas de la tercera edad durante el ejercicio puede compensar a la ineficacia del intercambio de gas.

El patrón respiratorio en respuesta a la hipercapnia es también diferente en los mayores, con una disminución en el ritmo del flujo inspiratorio y una proporción más larga de tiempo gastado en la inspiración **(Chan y Welsh, 1998)**. Los cambios relacionados con el

envejecimiento incrementan el trabajo respiratorio y son paralelos a la pérdida máxima en el  $VO_2$ . Sin embargo, esta pérdida en el  $VO_2$  se atenúa en las personas mayores saludables y que puede de hecho ser clínicamente significativa (**Johnson et al 1991**).

A pesar de la limitación ventilatoria potencial, la disminución de la capacidad del ejercicio con el envejecimiento se debe principalmente a la respuesta cardiovascular alterada, ya sea de un estilo de vida sedentario o por cambios en la fisiología cardiovascular. (**Chan y Welsh, 1998**).

En los pacientes con trasplante cardíaco, el rendimiento de energía, el consumo de oxígeno y el producto de tasa de presión son menores durante el ejercicio máximo de miembros superiores que durante el de miembros inferiores. La noradrenalina plasmática se incrementa más durante el ejercicio del tren superior que durante el del tren inferior, tanto en personas con trasplante cardíaco como en individuos normales (**Keteyian et al 1994**).

En los ejercicios, el rendimiento cardíaco puede estar reducido tanto por la disminución de la  $FC_{max}$  como por la capacidad limitada para aumentar la contractilidad (volumen sistólico), en respuesta a los beta-adrenérgicos en las personas de la tercera edad (**Kitzman et al 1991**).

La disnea es el síntoma más común y, a menudo, produce un círculo vicioso de inactividad, ansiedad y depresión. La inactividad conduce al desacondicionamiento y a la disminución de la fuerza muscular y la función cardíaca, que exacerban la actividad provocada por la disnea. La disnea anticipatoria es otro componente del círculo vicioso. Los programas de rehabilitación pulmonares se han diseñado para romper el círculo vicioso de la disnea, por disminución de cada síntoma de dicho círculo (**Janssens, 2005**).

El ejercicio físico no puede restaurar un tejido que ya ha sido destruido, pero puede proteger al individuo contra una serie de enfermedades crónicas de la vejez y en algunos casos, la edad biológica se reduce tanto como 20 años. La esperanza de vida aumenta, la incapacidad parcial y total se retrasa. Así, el ejercicio es muy importante para una vida saludable (**Shephard, 1993**).

**Vita et al (1998)**, comprobaron que las tasas de mortalidad son también más bajas en los pacientes que no empiezan ningún ejercicio regular hasta una etapa tardía de la vida, en

comparación con pacientes que sólo son físicamente activos en los años de juventud y posteriormente dejan de realizar ejercicios. Por lo tanto, nunca es demasiado tarde para que los pacientes se beneficien de la actividad física.

La importancia del ejercicio de resistencia en la población más vieja también se ha convertido cada vez en más evidente. La fuerza muscular disminuye en un 15 % por década después de la edad de 50 años y en un 30 % por década después de la edad de los 70 años. Esto es principalmente el resultado de la sarcopenia (la pérdida de masa muscular) y ocurre en mayor grado en las mujeres mayores que en los hombres (**Nied y Franklin, 2002**).

El aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial con el trabajo de resistencia es en gran medida proporcional al porcentaje de la máxima contracción voluntaria (MCV). En consecuencia, el mínimo incremento de esfuerzo (por ejemplo, en el trabajo rutinario de casa), puede producir un aumento dramático de la presión en las personas débiles de la tercera edad débiles. Además de las ganancias de fuerza absoluta, el entrenamiento de resistencia atenúa las exigencias cardíacas de cualquier carga dada, porque la carga representa ahora un porcentaje más bajo del MCV (**Williams et al 2007**).

Los cambios en la actividad muscular afectan la fuerza muscular, por lo menos parcialmente, por las alteraciones en la estructura y en la función de la miosina (**Lowe et al 2004**), en consecuencia, **Frontera et al (2000)**, recomiendan un ejercicio más fuerte para los individuos mayores para prevenir la sarcopenia y la aparición temprana de la discapacidad, debido a que los cambios específicos que se producen en la fibra muscular y su tamaño varían ampliamente entre los individuos. También el volumen sistólico se mantiene o incluso aumenta con el entrenamiento (**Ogawa et al 1992**).

### **La prueba del ejercicio cardiopulmonar (PECP)**

PECP debe ser considerada el criterio principal para evaluar los síntomas/ máximos de la tolerancia limitada al ejercicio en pacientes con una enfermedad pulmonar y cardíaca. Es importante señalar que los perfiles de respuesta cardiopulmonar y el intercambio de gas medidos por el PECP son reproducibles a corto plazo y pueden reflejar la progresión de la enfermedad a largo plazo.

Uno de los Protocolos de la (PECP) usados para los mayores es el arranque en rampa del sujeto a una velocidad relativamente baja sobre el tapiz rodante, que se incrementa gradualmente hasta que el paciente tiene una buena zancada. El ángulo de la rampa de inclinación se aumenta progresivamente a intervalos fijos (es decir de 10 a 60 segundos) a partir de 0 grados, con el aumento en el grado calculado sobre la capacidad funcional estimada del paciente, de tal manera que el protocolo se completó entre 6 y 12 minutos. En este tipo de protocolo, el ritmo de trabajo aumenta.

El American College of Sports Medicine recomienda la prueba de esfuerzo para todos los sedentarios y para los adultos mayores mínimamente activos que tienen previsto hacer ejercicio a una intensidad vigorosa.

Actualmente, existe una evidencia clara para la utilidad de la PECP, así como para otros protocolos de prueba de esfuerzo, como las pruebas de marcha cronometradas y las pruebas de carga constante que evalúan el grado de intolerancia al ejercicio.

La prueba de esfuerzo también se puede utilizar para determinar el nivel de aptitud física del paciente y para definir una gama adecuada de la intensidad del ejercicio. Algunas recomendaciones basadas en pruebas sobre el uso clínico de la prueba de esfuerzo cardiopulmonar (PECP) en el pulmón y en las enfermedades del corazón se presentan con la referencia a la evaluación de la intolerancia al ejercicio, a la evaluación del pronóstico y a la evaluación de intervenciones terapéuticas (por ejemplo, medicamentos, oxígeno suplementario y entrenamiento).

La prueba de ejercicio cardiopulmonar con análisis ventilatorio proporciona información sobre el funcionamiento cardíaco, la limitación funcional y la limitación del ejercicio. La prueba de esfuerzo cardiopulmonar se realiza con el aumento progresivo del ritmo de trabajo, para determinar el nivel de limitación del ejercicio de las personas.

Las variables de PECP, así como la distancia cubierta durante las pruebas de marcha, han demostrado ser útiles en la prescripción individual de la rehabilitación pulmonar y en la suplementación de oxígeno (por la prueba del ejercicio pre y post- intervención) y también para la seguridad del ejercicio de entrenamiento subsecuente (por ejemplo, en individuos mayores sano'). Un enfoque multidisciplinario individualizado y un ejercicio de entrenamiento continuado bajo la supervisión de personal, es esencial para mejorar el cumplimiento de los objetivos y para permitir los beneficios de un programa de ejercicio de intervención para la



salud a largo plazo (*Wasserman, 1994; Fletcher et al 2001; Nied y Franklin, 2002 Sadowsky, 2001; ERS et al 2007; Praet y van Loon, 2007*).

## **Ejercicios de resistencia cardiopulmonar**

Protocolos de ejercicio pueden ser submáximos o síntomas limitados .Protocolos submáximos tienen un punto final predeterminado, que a menudo se define como una frecuencia cardiaca máxima de 120 lat /min o 70% máximo ritmo cardiaco previsto de 5 METs (Metabolic Equivalents). El protocolo de síntomas limitados y las pruebas están diseñadas para continuar hasta que el paciente muestra signos anormales y / o síntomas que requieren la terminación del ejercicio (*Fletcher et al 2001*).

*Tanaka y Monahan (2001)*, recomiendan intensidades de 55-70% de la FC<sub>máx</sub> o del 40-60% de la FC<sub>máx</sub>. Si controlamos la intensidad mediante la concentración de ácido láctico, es aconsejable realizar ejercicio cardiorrespiratorio hasta 4 mmol de ácido láctico (umbral anaeróbico). La frecuencia cardiaca puede verse alterada por medicamentos betabloqueantes o por tabaquismo, siendo además más adecuado utilizar para personas mayores la fórmula  $208 - (0.7 \times \text{edad})$ , que la fórmula de Karvonen.

Así, a modo de ejemplo de protocolo en la bibliografía, en la fase de inicio se emplean intensidades moderadas (40-60% FC<sub>máx</sub> reserva, 55-70% FC<sub>máx</sub>. y 12-13 RPE) y en las fases de desarrollo y mantenimiento se incrementa la intensidad (55-75% FC<sub>máx</sub> reserva, 65-80% FC<sub>máx</sub>. y 13-15 RPE).

La duración, entre 20 min y 60 min', va a depender de la intensidad y del tipo de ejercicio cardiorrespiratorio. Las pausas/descansos se programan para la consecución de efectos beneficiosos para la salud, ya que la frecuencia del ejercicio no tiene porque ser continua, sino que puede realizarse por intervalos (al menos 10' de duración). Por ejemplo: 30' de ejercicio aeróbico, puede hacerse en 3 intervalos de 10' con una recuperación de 1-2 minutos. La frecuencia se establece de 3-5 veces/semana. La progresión, se hace en función de la duración mejor que la intensidad.

Es conocido que caminar es una forma de ejercicio segura y de bajo impacto; el ejercicio controlable en la mayoría de los casos genera una intensidad que es de 40% a 70% del VO<sub>2</sub> máx.

El ejercicio físico repetitivo con las extremidades inferiores o de una masa muscular mayor de una séptima parte de la masa muscular total ha demostrado ser eficaz para el entrenamiento físico cuando se realiza a intensidades y duración adecuadas, en los adultos jóvenes, de mediana edad y en los pacientes con enfermedades cardíacas (**Blomquist y Saltin, 1983**).

**Franklin et al (2000) y Fletcher et al (2001)**, aclaran que el tapiz rodante debe tener unas barras frontales y/o laterales para los individuos como medio de estabilizarse. Algunos individuos también pueden requerir la ayuda de la persona que administra la prueba. Los individuos no deben agarrar firmemente las barras delanteras o laterales porque disminuyen el VO<sub>2</sub> y aumentan el tiempo del ejercicio. Es útil si los individuos ponen sus manos fuera de las barras, cierran sus puños y localizan un dedo en los carriles para mantener el equilibrio, siempre después de acostumbrarse a caminar en el tapiz rodante.

El tapiz rodante debe tener tanto una velocidad variable como la capacidad de graduación, que pueden ser calibrados con exactitud. En conclusión, la base de pruebas sobre el valor de la prueba de esfuerzo en la evaluación funcional, en el pronóstico y en la discriminación de los cambios de intervención en las enfermedades pulmonares y cardíacas han crecido sustancialmente en la última década (**ERS et al 2007**).

***POBLACION Y METODOS***  
***Subjects and methods***

## 1. Tipo de estudio:

Es un estudio de intervención, longitudinal prospectivo, aprobado por el Comité Ético del Hospital General de El Salam en El Cairo el día 15 de enero de 2007.

## 2. Población

Se invitó a participar en el estudio a personas mayores (tercera edad) de un Hospital Público del Ministerio de Sanidad y Consumo de Egipto. Los participantes fueron seleccionados aleatoriamente de las consultas externas de Oftalmología y Otorrinolaringología del Hospital General del Salam en El Cairo<sup>1</sup>.

### Los criterios de inclusión fueron:

- 1.- Edad entre 60 y 70 años.
- 2.- No fumadores o ex-fumadores.
- 3.- Buen estado general de salud

### Los criterios de exclusión fueron:

- 1.- Enfermedades neuromusculares.
- 2.- Enfermedades ortopédicas
- 3.- Enfermedades cardiopulmonares.

Se realizaron pruebas electrocardiográficas y Rayos X de tórax para descartar cualquier patología subyacente antes de asignar la actividad física a realizar y superar la prueba de tolerancia de ejercicio progresivo continuo, que se hizo según el protocolo de Naughton<sup>2</sup>

- 4.- Enfermedades neurológicas.
- 5.- Cualquier deficiencia crónica que impidiera el ejercicio físico.

---

<sup>1</sup> Capacidad de 1000 camas; incluye dos principales hospitales: el Hospital General del Salam y el Hospital Especializado del Salam. El Hospital General del Salam está ubicado en la Zona Oriente de El Cairo y atiende a más de un millón de personas. Es un Hospital de Especialidades Médico-Quirúrgicas para pacientes adultos y niños de la Zona Oriente de El Cairo y las aldeas cercanas.

<sup>2</sup> El protocolo de Naughton se inicia con 2 minutos de calentamiento. La velocidad se establece en una milla por hora y la pendiente se establece en 0. Después del calentamiento la velocidad se ajusta a 2 millas por hora y no cambia en el resto de la prueba. La prueba consta de seis intervalos de 2 minutos. La inclinación empieza con 0 grados en el primer intervalo y se incrementa en 3,5 por ciento cada 2 minutos (Fletcher et al. 2001).

Ochenta y dos personas mayores, 41 el grupo de intervención y 41 el grupo de control, 20 hombres y 21 mujeres en cada grupo, aceptaron participar en el estudio.

Después de la realización de la historia clínica completa y comprobada la posibilidad de inclusión en el estudio, los participantes fueron instruidos en el procedimiento y firmaron el consentimiento informado (Anexo I).

Se registraron los datos antropométricos necesarios, para el cálculo del índice de masa corporal (altura y peso); seguidamente, se introdujeron en el programa informático junto a los datos demográficos (nombre, edad y sexo).

Se aprovechó la ocasión para darles una primera instrucción para evitar la ingesta de comida 2 horas antes de la prueba, así como las medidas de higiene y confort tanto en la ropa como en el calzado. También se les prohibió realizar cualquier esfuerzo físico inusual por lo menos 12 horas antes de la prueba.

Se animó y estimuló a cada participante para ejercitar el mayor esfuerzo posible hasta el alcance máximo de su capacidad física.

## **Indicaciones para la terminación de la prueba de esfuerzo**

### **Indicaciones absolutas:**

1. Elevación del segmento ST ( $> 1,0$  mm) en derivaciones sin ondas Q (que no sea V1 o VR).
2. Disminución de la tensión arterial sistólica  $> 10$  mm Hg (persistente por debajo de la línea de base), a pesar de aumento de la carga de trabajo cuando se acompaña de alguna otra evidencia de isquemia.
3. Angina de pecho severa o moderada.
4. Síntomas del sistema nervioso (por ejemplo, ataxia, mareos, síncope).
5. Signos de mala perfusión (cianosis o palidez).
6. Taquicardia ventricular sostenida.
7. Dificultades técnicas como la monitorización del ECG o de la presión arterial.
8. Solicitud del sujeto para detener la prueba.

### **Indicaciones relativas:**

1. Dolor precordial o de cualquier otro tipo que fuera invalidante.

2. Fatiga, dificultad para respirar, sibilancia, calambres en las piernas, claudicación o artralgia.
3. Arritmias distintas a una taquicardia sostenida.

**Aspecto general:**

1. Respuesta hipertensiva (sistólica > 250mm Hg y/o diastólica > 115mm Hg).
2. Desarrollo de bloqueo de rama que no se puede distinguir de una taquicardia ventricular.

Una vez conseguida la población indicada se procedió a los consecutivos pasos metodológicos.

En primer lugar todos los participantes fueron instruidos y familiarizados con los equipos a utilizar y con el programa de actividad física durante un período de tres semanas a razón de tres sesiones por semana.

El ejercicio consistió en caminar sobre el tapiz rodante con 0% de pendiente.

El tapiz rodante debe tener barras frontales y/o de lado para la ayuda a los participantes, además el grupo debe entender que no es aconsejable agarrarse fuertemente a las barras de frente o de lado porque este apoyo corporal reduce la carga del trabajo. Puede ser útil si los sujetos quitan las manos de las barras, y colocan un dedo sobre ellas para mantener el equilibrio corporal una vez que se acostumbran a caminar sobre el tapiz rodante.

Cada participante comenzó la sesión con 5 minutos de ejercicios de calentamiento sobre el propio tapiz. El ejercicio comenzó siendo progresivo y lento para reforzar la actuación del paciente y para facilitar el ajuste circulatorio, minimizando la formación de ácido láctico y disminuyendo el riesgo de hipotensión y de una posible complicación muscular, esquelética o cardiovascular.

Después de la fase de calentamiento, empieza la fase activa del ejercicio: 20 minutos durante las primeras tres semanas, 30 minutos en las siguientes dos semanas, 40 minutos en las dos semanas posteriores y, finalmente, durante 50 minutos en las últimas 5 semanas. La velocidad del tapiz rodante se aumentó para lograr al menos el 60%, aunque sin superar

más del 70% de FC y con 0% de pendiente. La intensidad del ejercicio solo varió con la modificación de la velocidad del tapiz.

Se puso fin a cada sesión de ejercicio con un período de recuperación de 5 minutos a una velocidad de 1Km/hora; la velocidad se redujo gradualmente hasta llegar a cero y hasta que la frecuencia cardiaca volvía casi al nivel de descanso. Esta fase fue necesaria para prevenir el estancamiento de la sangre en las extremidades inferiores.

Para realizar la evaluación inicial (test inicial =  $T_0$ ), se procedió a la realización del entrenamiento durante 3 veces en una semana hasta conseguir el aprendizaje y el hábito de rutina tanto en los ejercicios, como en la alimentación, la higiene de la ropa, el calzado, y el protocolo.

El programa de actividad física fue controlado y realizado durante doce semanas consecutivas en el propio hospital a cuyo término se realizó la primera evaluación (segundo test =  $T_1$ ).

A partir de este momento la actividad física controlada se hizo de forma voluntaria durante 36 semanas más (48 semanas desde el inicio de la fase experimental), a cuyo término se efectúa la evaluación final (test final =  $T_2$ ) en la misma sala de Rehabilitación (abierta 6 días por semana desde las 9 hasta las 20 horas), debidamente implementados y con un profesional perfectamente adiestrado para que siguieran la misma rutina de ejercicios que se hizo en las últimas 5 semanas del programa supervisado (empezando con 5 minutos de ejercicios de calentamiento sobre el tapiz rodante, luego la fase activa del entrenamiento durante 50 minutos, aumentando la velocidad del tapiz rodante para lograr al menos el 60%, y sin superar más del 70% de la FC y terminando el ejercicio con un período de recuperación de 5 minutos a una velocidad de 1Km/hora; reduciendo gradualmente la velocidad hasta llegar a cero).

Se midieron 4 veces las variables del estudio ( $SaO_2$ ,  $VO_{2max}$  y la distancia máxima caminada), la primera vez después de la semana de aprendizaje, la segunda vez después del programa controlado (a las 12 semanas), la tercera vez después de 30 semanas y la última vez a las 48 semanas el programa.

De forma resumida se muestra el cronograma en la tabla y gráfico siguientes.

1 Semana	48 Semanas		
1 Semana	12 Semanas	18 Semanas	18 Semanas
Período de Adaptación	Período Controlado	Período Libre	Período Libre
	$T_0$	$T_1$	$T_2$

Después de las 48 últimas semanas, los 82 sujetos han sido categorizados en cuatro grupos según su cumplimiento con el programa del entrenamiento.

**Grupo 1:** Los 41 sujetos del grupo control.

**Grupo 2:** Los sujetos que han realizado todo el programa.

**Grupo 3:** Los sujetos que han realizado parcialmente el programa (al menos una vez por semana).

**Grupo 4:** Los sujetos que no han realizado ningún tipo de ejercicios (menos de 4 veces al mes).

### Equipos e instrumentos utilizados

1. Unidad de prueba de ejercicio cardiopulmonar (UPECP) Analizador de gases,  $O_2$  y  $CO_2$ , Zan 800®, fabricado en Alemania.
2. Oxímetro de pulso de la marca CMS 50DL Finger Pulse Oximeter
3. 12 Canales de Electrocardiograma Biocare (ECG-8080), fabricado en China
4. Esfigmomanómetro de mercurio y estetoscopio Littman Classic II S.E.
5. Tapiz rodante DKN Run Tech 2.5® de velocidad, inclinación y temporizador son ajustables. Con una gran pantalla LCD con 23 programas de entrenamiento y 3 perfiles de usuario. La pantalla monitoriza simultáneamente tiempo, distancia, velocidad, inclinación, frecuencia cardiaca, etc. En el manillar están situados los sensores detectores del ritmo cardiaco.
6. Estadiómetro o escala de altura y balanza modelo IPR-scale 08®, fabricado en China para medir la altura, el peso y calcular el IMC automáticamente.
7. Pulsímetro Polar Accurex Plus y p610 (Polar Electro Oy®, Kempele, Finland)

Antes de la realización de cada prueba -dentro de los requisitos previos del protocolo- se aplicó la siguiente rutina del equipo utilizado:



1. Limpiar el colector de humedad.
2. Comprobar el capilar conectado.
3. Desinfectar el sensor de triple válvula V.
4. Calibrar el analizador de gases.
5. Tomar la frecuencia cardiaca y la presión arterial en posición sentada y tumbada después de media hora de reposo.

### **Data Management and Analysis:**

The collected data was revised, coded, tabulated and introduced to a PC using Statistical package for Social Science (SPSS 15.0.1 for windows; SPSS Inc, Chicago, IL, 2001). Data was presented and suitable analysis was done according to the type of data obtained for each parameter.

### **Descriptive statistics:**

- 1.- Mean, Standard deviation ( $\pm$  SD) and range for numerical data
- 2.- Frequency and percentage of non-numerical data.

### **Analytical statistics:**

- 1.- *Student T Test* was used to assess the statistical significance of the difference between two study group means.
- 2.- *ANOVA test* was used to assess the statistical significance of the difference between more than two study group means.
- 3.- *Post Hoc Test* is used for comparisons of all possible pairs of group means
- 4.- *Chi-Square test* was used to examine the relationship between two qualitative variables
- 5.- *Paired t-test* was used to assess the statistical significance of the difference between two means measured twice for the same study group
- 6.- *Linear regression*: It is used to test and estimate the dependence of a quantitative variable based on its relationship to one or more independent variables

#### **p- value: level of significance**

- p > 0.05: Non significant (NS).
- p < 0.05: Significant (S).
- p < 0.01: Highly significant (HS).

## ***RESULTS***

## Measurements units & Abbreviations

Age	year (y)
Arterial Oxygen Saturation (SaO <sub>2</sub> )	%
Body Mass Index (BMI)	Kg/m <sup>2</sup> (%)
Weight	Kg
Height	cm
Maximum Walking Distance (MWD)	m
Maximum Oxygen Consumption (VO <sub>2max</sub> )	l/min
Weeks	Wks

## Cases and controls as regard personal and anthropometric data

Table1. Description and Comparison between cases and controls as regard personal and anthropometric data

		Cases				Controls				p*	Sig.
		Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
Age		65.1	2.7	60.0	69.0	65.5	2.4	60.0	69.0	.467	NS
Weight		81.8	2.2	78.0	86.0	81.5	2.0	78.0	85.0	.471	NS
Height		168.1	3.0	162.0	173.0	168.0	2.8	164.0	173.0	.970	NS
BM I		29.0	1.1	26.7	31.6	28.9	1.0	27.4	30.9	.629	NS
Sex	Male (N %)	20		48.8%		20		48.8%		1.00	NS
	Female (N %)	21		51.2%		21		51.2%			

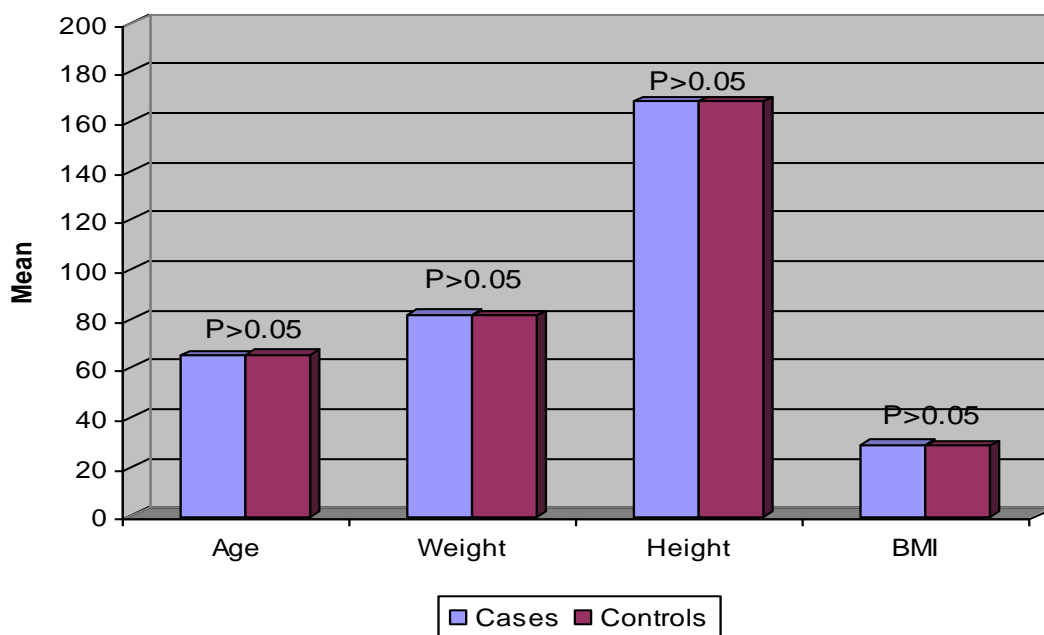


Fig.1 Anthropometric data of cases and control group

\*Student t test

\*\*Chi-Square Test

N number of subjects

The above table & figure shows **no significant difference** between cases and controls as regard personal and anthropometric data.

## Cases and controls as regard baseline and 12 Weeks' general condition parameters

Table 2. Description and Comparison between cases and controls as regard baseline and 12 Weeks' general condition parameters

	Cases				Control				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> Baseline	96.90	.54	96.2	97.7	96.94	.54	96.0	97.8	.730	NS
VO <sub>2max</sub> Baseline	1.75	.13	1.6	1.93	1.75	.12	1.6	2.0	.979	NS
MWD Baseline	688.54	33.46	623.0	745.0	686.88	33.31	623.0	747.0	.970	NS
SaO <sub>2</sub> 12 Wks	98.37	.54	97.4	99.50	97.00	.58	96.1	98.2	<b>.0001</b>	<b>HS</b>
VO <sub>2max</sub> 12 Wks	1.95	.09	1.79	2.05	1.76	.15	1.57	2.06	<b>.0001</b>	<b>HS</b>
MWD 12 Wks	861.44	57.18	766.0	952.0	698.22	46.2	625.0	816.0	<b>.0001</b>	<b>HS</b>

\*Student t test

At baseline **no significant difference** was present between cases and controls as regard general condition parameters, this was not the situation after 12 weeks exercise where **a highly significant difference** was found between cases and control with higher results among cases.

## Partially/totally complied cases and controls as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

Table 3. Description and Comparison between partially/totally complied cases and controls as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

	Cases				Controls				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> 30 Wks	98.30	.67	96.9	99.2	97.10	.52	96.1	98.1	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.94	.11	1.8	2.2	1.77	.12	1.6	2.1	.0001	HS
MWD 30 Wks	849.96	58.65	732.0	941.0	701.37	40.25	640.0	773.0	.0001	HS
SaO <sub>2</sub> 48Wks	98.10	1.00	96.3	99.6	96.98	.58	95.9	98.2	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 48 Wks	1.91	.10	1.7	2.2	1.74	.08	1.6	2.0	.0001	HS
MWD 48 Wks	809.97	65.81	699.0	909.0	695.56	31.29	638.0	753.0	.0001	HS

\*Student t test

Among partially and totally complied cases at 30 weeks and at 48 weeks, **a highly significant difference** was present between those cases and controls regarding general condition parameters with better results among cases.

## Non complied cases and controls as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

Table 4. Description and Comparison between non complied cases and controls as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

	Cases				Controls				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> 30 Wks	97.29	.53	96.40	98.20	97.10	.52	96.10	98.10	.204	NS
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.80	.08	1.65	1.90	1.77	.12	1.60	2.10	.289	NS
MWD 30 Wks	721.53	48.31	636.0	802.0	701.37	40.25	640.0	773.0	.107	NS
SaO <sub>2</sub> 48Wks	96.6	.4	96.1	97.2	97.0	.6	95.9	98.2	.052	NS
VO <sub>2 max</sub> 48 Wks	1.76	.09	1.59	1.86	1.74	.08	1.57	2.0	.491	NS
MWD 48 Wks	702.3	31.49	650.0	749.0	695.56	31.29	638.0	753.0	.545	NS

\*Student t test

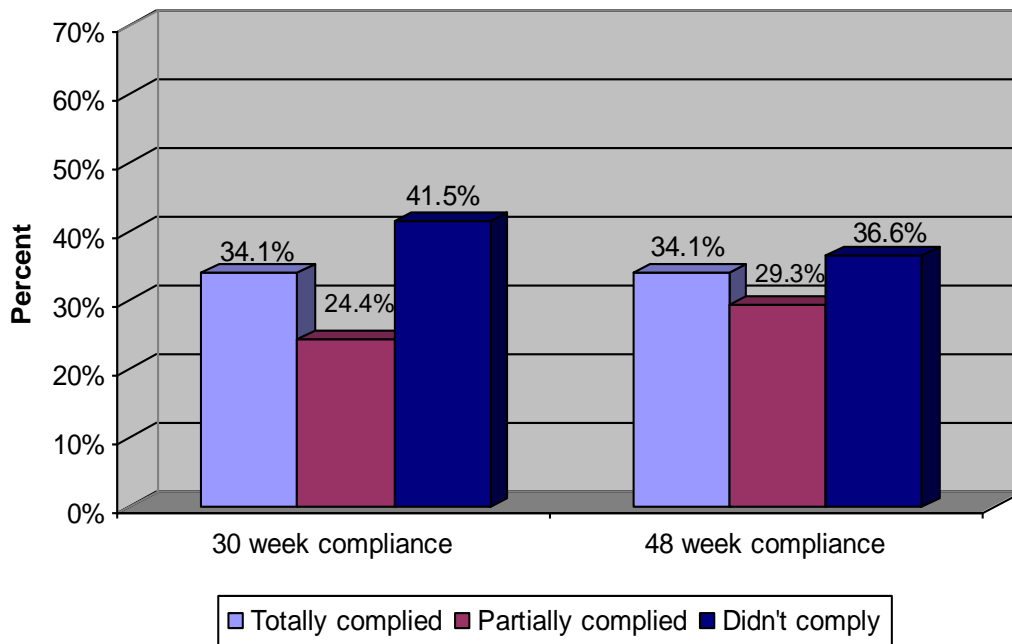


Fig. 2. Description of compliance at 30 and 48 weeks among cases

Among non complied cases at 30 weeks and at 48 weeks, a **non significant difference** was present between those cases and controls regarding general condition parameters.

## General condition parameters at baseline and after 12 weeks of exercise among the whole group

Table 5. Comparison between general condition parameters at baseline and after 12 weeks of exercise among the whole group

	Mean	N	±SD	p*	Sig
SaO <sub>2</sub> Baseline	96.90	41	.545	.0001	HS
SaO <sub>2</sub> 12	98.37	41	.536		
VO <sub>2max</sub> Baseline	1.75	41	.128	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 12 Wks	1.95	41	.09		
MWD Baseline	688.54	41	33.46	.0001	HS
MWD 12 Wks	861.44	41	57.17		

\*paired t tests

Among all cases a **highly significant difference** was present between 12 weeks and baseline general condition parameters; there was a **highly significant improvement** in all parameters at 12 weeks.

## General condition parameters at 12 and 30 weeks among totally complied cases

Table 6. Comparison between general condition parameters at 12 and 30 weeks among totally complied cases

	Mean	±SD	p*	Sig
SaO <sub>2</sub> 12	98.50	.522	.066	NS
SaO <sub>2</sub> 30	98.59	.460		
VO <sub>2max</sub> 12 Wks	1.94	.07	.006	HS
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.99	.095		
MWD 12 Wks	857.71	49.87	.567	NS
MWD 30 Wks	860.79	53.14		

\*paired t tests

Among only totally complied cases with 12-30 Wks exercise, a highly significant difference was present between 12 and 30 weeks VO<sub>2max</sub> only, **while a non significant difference** was present regarding the two other parameter.

## General condition parameters at 30 and at 48 weeks among totally complied cases

Table 7. Comparison between general condition parameters at 30 and at 48 weeks among totally complied cases

	Mean	±SD	p*	Sig
SaO <sub>2</sub> 30	98.86	.277	.02	S
SaO <sub>2</sub> 48	99.01	.236		
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.95	.096	.0001	HS
VO <sub>2 max</sub> 48 Wks	1.9687	.099		
MWD 30 Wks	832.75	36.96	.001	HS
MWD 48 Wks	844.00	38.54		

\*paired t tests

Among only totally complied cases, a **highly significant difference** was present between 30 and 48 weeks' SaO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub> and Maximum walking distance. **Higher values** was noted at 48 weeks compared to 30 weeks.

## Totally, partially and non complied patients as regard general condition parameters at 30 weeks

Table 8. Comparison between totally, partially and non complied patients as regard general condition parameters at 30 weeks

	30 week compliance						p <sup>‡</sup>	Sig	Post Hoc test
	Totally		Partially		Didn't comply				
	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD			
SaO <sub>2</sub> 30 Wks	98.59	.46	97.88	.72	97.29	.53	.0001	HS	Gr1 Vs Gr2* Gr1 Vs Gr3* Gr2 Vs Gr3**
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.99	.09	1.89	.10	1.80	.08	.0001	HS	Gr1 Vs Gr2** Gr1 Vs Gr3* Gr2 Vs Gr3**
MWD 30 Wks	860.79	53.15	834.8	65.38	721.53	48.31	.0001	HS	Gr1 Vs Gr3** Gr2 Vs Gr3**

‡ ANOVA

\*p < 0.01 (HS)

\*\*p < 0.05 (S)

The above table shows a highly significant difference between totally, partially and non complied cases at 12-30 weeks exercise as regard general condition parameters at 30 weeks. **Post hoc test** was used to reveal the difference between each two groups



## Totally, partially and none complied patients as regard general condition parameters at 48 weeks

Table 9. Comparison between totally, partially and none complied patients as regard general condition parameters at 48 weeks

	48 week compliance						p	Sig	Post Hoc test
	Totally		Partially		Didn't comply				
	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD			
SaO <sub>2</sub> 48 Wks	98.53	.78	97.42	.94	96.59	.36	.0001	HS	Gr1 Vs Gr2* Gr1 Vs Gr3* Gr2 Vs Gr3**
VO <sub>2</sub> max 48 Wks	1.92	.11	1.88	.10	1.76	.09	.001	HS	Gr1 Vs Gr3* Gr2 Vs Gr3*
MWD 48 Wks	842.26	49.66	758.83	55.88	702.30	31.49	.0001	HS	Gr1 Vs Gr3* Gr2 Vs Gr3* Gr2 Vs Gr3*

‡ANOVA

\*p < 0.01(HS)

\*\*p < 0.05(S)

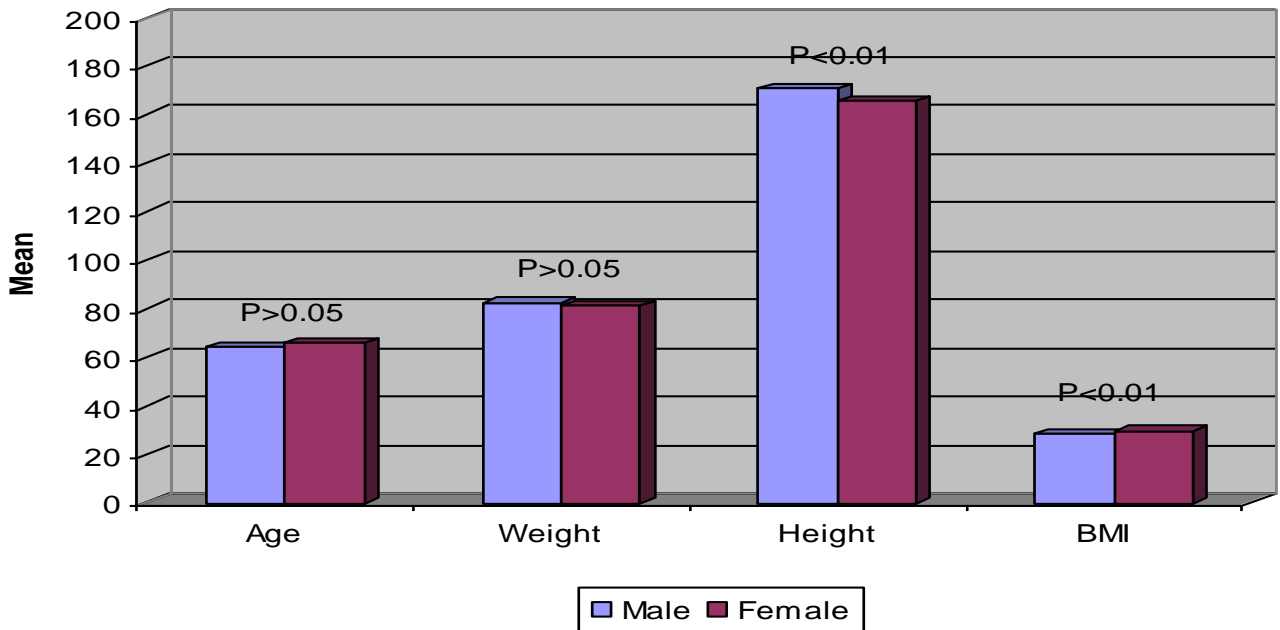


Fig. 3. Comparison between gender showing a highly significant difference between them regarding height

The above table shows a **highly significant difference** between totally, partially and none complied cases as regard general condition parameters at 48 weeks. Post hoc test was used to reveal the **difference between each two groups** and BMI.

## Females and males as regard compliance at 30 and 48 weeks

Table 10. Comparison between females and males as regard compliance at 30 and 48 weeks

		Female		Male		p*	Sig
		N	%	N	%		
30 week compliance	Totally complied	9	42.9%	5	25.0%	.438	NS
	Partially complied	5	23.8%	5	25.0%		
	Didn't comply	7	33.3%	10	50.0%		
48 week compliance	Totally complied	12	57.1%	2	10.0%	.0001	HS
	Partially complied	7	33.3%	5	25.0%		
	Didn't comply	2	9.5%	13	65.0%		

\*Chi square test  
N number of subjects

Compliance with exercise was **significantly higher among females at 48 weeks, as only 9.5% of females didn't comply compared with 65% of males.** At 30 weeks compliance was higher among females but **it did not reach level of significance.**

## Females and males' cases at baseline and 12 weeks as regard general condition

Table 11. Description and Comparison between females and males' cases at baseline and 12 weeks as regard general condition

	Female				Male				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> baseline	97.40	.18	97.1	97.7	96.38	.16	96.2	96.6	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> baseline	1.63	.02	1.6	1.7	1.87	.05	1.8	1.9	.0001	HS
MWD baseline	662.52	21.69	623.0	692.0	715.85	18.12	690.0	745.0	.0001	HS
SaO <sub>2</sub> 12 Wks	98.84	.23	98.6	99.5	97.89	.25	97.4	98.2	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 12 Wks	1.87	.04	1.8	1.9	2.04	.01	2.0	2.1	.0001	HS
MWD 12 Wks	813.05	30.02	766.0	851.0	912.25	25.07	854.0	952.0	.0001	HS

\*Student t test

The above table shows **a highly significant difference** between male and female cases as regard general condition parameters at baseline and at 12 weeks after exercise. Males showed higher values except for SaO<sub>2</sub> at baseline and at 12 weeks.

### Females and males' cases as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

Table12. Description and Comparison between females and males' cases as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

	Female				Male				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> 30 Wks	98.44	.52	97.6	99.2	97.29	.56	96.4	98.3	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.83	.11	1.7	2.0	1.94	.11	1.8	2.2	.001	HS
MWD 30 Wks	764.86	72.10	636.0	862.0	830.15	83.66	711.0	941.0	.011	S
SaO <sub>2</sub> 48 Wks	98.62	.62	97.1	99.6	96.80	.59	96.1	98.5	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 48 Wks	1.84	.12	1.6	2.0	1.91	.11	1.8	2.2	.046	S
MWD 48 Wks	788.19	67.04	650.0	868.0	779.00	84.53	692.0	909.0	.701	NS

\*student t test

**Males showed higher significant values for VO<sub>2max</sub> at 30 & 48 weeks, also HS value for MWD at 30 weeks, while females had HS value for SaO<sub>2</sub> at 30 & 48 weeks, but there was no significant difference between both sexes for MWD at 48 weeks of the program.**

Table13. Description and Comparison between females and males' totally complied cases as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

	Female				Male				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> 30 Wks	98.74	.33	98.1	99.2	97.82	.42	97.2	98.3	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.88	.08	1.8	2.0	2.06	.06	2.0	2.2	.0001	HS
MWD 30 Wks	808.50	36.98	732.0	862.0	905.40	17.05	890.0	928.0	.0001	HS
SaO <sub>2</sub> 48 Wks	98.91	.36	98.2	99.6	97.48	.67	96.8	98.5	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 48 Wks	1.88	.09	1.7	2.0	2.03	.09	2.0	2.2	.004	HS
MWD 48 Wks	821.07	39.56	736.0	868.0	901.60	6.35	893.0	909.0	.0001	HS

\*student t test

**Among totally complied cases, the above table shows a highly significant difference between male and female cases as regard general condition parameters at 30 and at 48 weeks after exercise. Males showed higher values of VO<sub>2max</sub> & MWD while females had higher significant values for SaO<sub>2</sub> at 30 and 48 weeks.**

## Females and males' partially complied cases as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

Table14. Description and Comparison between females and males' partially complied cases as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

	Female				Male				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> 30 Wks	97.84	.26	97.6	98.2	97.27	.64	96.6	98.3	.095	NS
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.70	.06	1.7	1.8	1.96	.11	1.8	2.1	.001	HS
MWD C 30 Wks	677.20	39.06	636.0	730.0	858.00	92.44	711.0	941.0	.002	HS
SaO <sub>2</sub> 48 Wks	98.40	.24	98.1	98.7	96.71	.44	96.3	97.5	.0001	HS
VO <sub>2 max</sub> 48 Wks	1.79	.08	1.7	1.9	1.95	.05	1.9	2.1	.002	HS
MWD 48 Wks	750.60	50.61	699.0	825.0	764.71	62.61	721.0	894.0	.687	NS

\*student t test

Among partially complied cases, the above table shows a **highly significant difference between males and females** as regard general condition parameters at 30 and at 48 weeks after exercise. However, there was no **significant difference between males and females regarding SaO<sub>2</sub> 30 Weeks and maximum walking distance 48 Weeks.**

## Females and males' non complied cases as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

Table15. Description and Comparison between females and males' non complied cases as regard 30 and 48 Weeks' general condition parameters

	Female				Male				p*	Sig
	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max		
SaO <sub>2</sub> 30 Wks	97.85	.07	97.8	97.9	96.98	.28	96.4	97.2	.003	HS
VO <sub>2max</sub> 30 Wks	1.79	.01	1.8	1.8	1.85	.05	1.8	1.9	.003	HS
MWD 30 Wks	678.50	9.19	672.0	685.0	758.75	29.31	715.0	802.0	.006	HS
SaO <sub>2</sub> 48 Wks	97.15	.07	97.1	97.2	96.45	.23	96.1	96.8	.0001	HS
VO <sub>2max</sub> 48 Wks	1.61	.02	1.6	1.6	1.80	.04	1.8	1.9	.0001	HS
MWD 48 Wks	652.00	2.83	650.0	654.0	714.88	19.25	692.0	749.0	.002	HS

\*student t test

Among non complied cases, the above table shows a **highly significant difference** between males and females as regard general condition parameters at 30 and at 48 weeks after exercise. Males showed **higher values of VO<sub>2max</sub> & MWD** while females had **higher significant values** for SaO<sub>2</sub> at 30 and 48 weeks.

## Linear regression

Table16. Linear regression for predictors of SaO<sub>2</sub> at 12 weeks

	Regression Coefficients	p	Sig.	95% Confidence Interval for B	
Age	-.003	.849	NS	-.030	.025
Male	-.892	.002	HS	-1.432	-.352
Weight	.284	.478	NS	-.521	1.090
Height	-.204	.598	NS	-.986	.577
BMI	-.705	.526	NS	-2.941	1.531
SaO <sub>2</sub> Baseline	.292	.181	NS	-.142	.726

After adjustment of other parameters, **gender was proved to be independent factor** affecting SaO<sub>2</sub> at 12 weeks after exercise, as males have 0.892 lower SaO<sub>2</sub> compared to females

Table17. Linear regression for predictors of VO<sub>2</sub>max at 12 weeks

	Regression Coefficients	p	Sig.	95% Confidence Interval for B	
Age	-.001	.782	NS	-.004	.003
Male	.112	.002	HS	.046	.179
Weight	-.080	.142	NS	-.188	.028
Height	.080	.130	NS	-.025	.185
BMI	.239	.116	NS	-.062	.539
VO <sub>2</sub> max Baseline	.241	.064	NS	-.014	.497

After adjustment of other parameters, **gender was proved to be independent factor** affecting VO<sub>2</sub>max at 12 weeks after exercise, as males have 0.112 higher VO<sub>2</sub>max compared to females.

Table18. Linear regression for predictors of Maximum walking distance at 12 weeks

	Regression Coefficients	p	Sig.	95% Confidence Interval for B	
Age	-.607	.720	NS	- 4.012	2.799
Male	94.542	.0001	HS	58.417	130.666
Weight	-64.023	.197	NS	-162.926	34.880
Height	61.510	.202	NS	- 34.608	157.627
BMI	185.994	.178	NS	- 89.040	461.027
MWD Baseline	.282	.216	NS	-.173	.737

After adjustment of other parameters, **gender was proved to be independent factor** affecting Maximum walking distance at 12 weeks after exercise, as males have 94.5 higher Maximum walking distance compared to females.

Table 19. Linear regression for predictors of SaO<sub>2</sub> at 48 weeks

	Regression Coefficients	p	Sig.	95% Confidence Interval for B	
Age	-.001	.963	NS	-.057	.054
Male	-1.089	.052	S	-2.188	.010
Weight	.347	.664	NS	-1.264	1.958
Height	-.319	.680	NS	-1.879	1.242
BMI	-.925	.676	NS	-5.387	3.538
SaO <sub>2</sub> Baseline	.309	.472	NS	-.556	1.174
Partial Compliance	.556	.009	HS	.146	.966
Total compliance	1.209	.0001	HS	.820	1.598

After adjustment of other parameters, **level of exercise compliance was proved to be independant factor affecting SaO<sub>2</sub>** at 48 weeks, as cases with partial compliance have **0.556 higher SaO<sub>2</sub>** compared to non complied cases, also **totally complied cases have 1.2 higher SaO<sub>2</sub>** compared to non complied cases

Table 20. Linear regression for predictors of VO<sub>2</sub>max at 48 weeks

	Regression Coefficients	p	Sig.	95% Confidence Interval for B	
Age	-.005	.319	NS	-7.242	3.649
Male	.115	.171	NS	8.245	131.698
Weight	-.041	.755	NS	-107.310	211.355
Height	.046	.714	NS	-204.432	104.595
BMI	.137	.705	NS	-572.779	310.816
SaO <sub>2</sub> Baseline	.127	.687	NS	-.509	.762
Partial Compliance	.168	.0001	HS	.099	.237
Total compliance	.243	.0001	HS	.179	.307

After adjustment of other parameters, level of exercise compliance was proved to be independant factor affecting VO<sub>2</sub>max at 48 weeks, as cases with partial compliance have **0.168 higher VO<sub>2</sub>max** compared to non complied cases, also **totally complied cases have .243 higher VO<sub>2</sub>max** compared to non complied cases.

Table21. Linear regression for predictors of Maximum walking distance at 48 weeks

	Regression Coefficients	p	Sig.	95% Confidence Interval for B	
Age	-1.797	.506	NS	-7.242	3.649
Male	69.971	.028	S	8.245	131.698
Weight	52.022	.511	NS	-107.310	211.355
Height	-49.918	.515	NS	-204.432	104.595
BMI	-130.981	.550	NS	-572.779	310.816
SaO <sub>2</sub> Baseline	-.076	.835	NS	-.820	.668
Partial Compliance	77.400	.0001	HS	37.155	117.645
Total compliance	168.295	.0001	HS	129.482	207.108

After adjustment of other parameters, level of exercise compliance was proved to be independant factor affecting Maximum walking distance at 48 weeks after exercise, as cases with partial compliance have **77.4 higher Maximum walking distance** compared to non complied cases, also **totally complied cases have 168.2 higher Maximum walking distance** compared to non complied cases.

## ***COMENTARIOS y DISCUSIÓN***



La finalidad de este estudio ha sido investigar en efecto del ejercicio y la actividad en personas de edad avanzada en la República de Egipto teniendo en consideración que, aunque en otras culturas y naciones este tipo de estudio es harto frecuente y, además, se pone en práctica (motivo por el que asistí en mi formación doctoral a la Universidad Libre de Bruselas cuyos programas son un ejemplo a imitar), en Egipto no es nada frecuente porque la expectativa media de vida de la población es mucho menor a la europea -en estado saludable aún inferior- y la práctica de la actividad física en esta edad avanzada dista mucho de ser un plan establecido. Gracias a la ayuda instrumental y personal en el medio hospitalario se ha podido realizar.

En consecuencia, es difícil en el medio donde se desarrolla esta actividad, la realización de estudios semejantes; precisamente, en este momento, los resultados han de contrastarse y encontrar su explicación.

Se investiga el efecto que, el ejercicio reglado (primer aspecto) en un tapiz rodante (segundo aspecto), tiene en determinados parámetros de uso clínico habitual que afectan/indican el estado fisiológico de la persona, pudiendo llegar a un diagnóstico con relativa facilidad que indique y dicha actividad programada beneficia al prácticamente del ejercicio, sin entrar en valoración de la mejora de la calidad de vida según las encuestas al uso, y simplemente utilizando los datos objetivos obtenidos.

Recuérdese que las variables son la saturación de oxígeno arterial ( $\text{SaO}_2$ ), el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) y la distancia máxima caminada ( $\text{Dcmáx/MWD}$ )

Después de las 12 primeras semanas de entrenamiento (el programa controlado a corto plazo) hay una diferencia altamente significativa de las 3 variables de estudio entre el grupo experimental tanto comparado después del programa de actividad sobre el tapiz rodante como con el grupo control. Hecho cuya explicación fisiológica es obvia por tratarse de personas de edad avanzada que han realizado una actividad física controlada y en salud, mejorando notablemente las tres variables de forma altamente significativa. Conviene en hacer hincapié en la valoración del entrenamiento por cuanto los resultados han sido altamente positivos.

También, aparece una diferencia altamente significativa en los datos a las 30 y las 48 semanas en el grupo que ha cumplido parcialmente y totalmente con el programa libre a largo plazo, comparado con el grupo control.

El beneficio físico y fisiológico alcanzado y los resultados indicados coinciden con lo aportado por **Figoni et al (2009)** cuyo relativamente reciente estudio, encuentran que después de un programa de ejercicios de entrenamiento durante 3 meses, así mismo con tapiz rodante, y mayores (edad media 69 años), aparece una mejoría de la distancia caminada, y un aumento en la saturación del oxígeno. Así mismo, **Kalapothisarakos (2007)**, siguiendo un programa de entrenamiento aeróbico obtuvo un incremento del 6,6% al 30% en el valor de  $VO_{2max}$ , en personas de tercera edad. Al fin y al cabo, teniendo en cuenta lo publicado por **Wong et al (2003)**, cada minuto de aumento en la marcha habitual por día, incrementa el  $VO_{2max}$  en 0.096 ml/Kg/min. Incluso, años antes, otro estudio demuestra que después de un período de 3 meses de ejercicio de intensidad moderada realizado en cicloergómetro, tanto los grupos de edad avanzada como los más jóvenes aumentan el  $VO_{2max}$  en un 17.8% y en un 20.2%, respectivamente, mientras el rendimiento cardiaco máximo se mantuvo inalterado en ambos grupos (**Beere et al 1999**).

Desde **1993**, **Shephard** demostró que la actividad física aeróbica prolongada puede revertir el descenso del  $VO_{2max}$  en mayores recuperando, en consecuencia, los equivalentes metabólicos correspondientes que en sujetos jóvenes y activos es de 12 METs, aproximadamente y que con un entrenamiento de carrera de larga distancia consiguen aumentar hasta 18-24 METs (**Fletcher et al, 2001**).

Por su parte, **Huang et al (2006)**, comprobaron que no había ningún cambio en  $SaO_2$  en un grupo de 16 mujeres, cuyas edades oscilaron entre 80-93 años, y que participaron en una prueba de ejercicio físico de intervención durante 4 meses. En el artículo no queda claro si la escasez de la muestra no dio valores estadísticos significativos o, en cambio, la edad influyó e, incluso, el tipo de entrenamiento de intervención.

**Bendermacher et al (2006)** demostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas y diferencias clínicas, así mismo significativas, cuando tras un régimen de actividad física supervisada, los sujetos mejoran la distancia caminada en el tapiz rodante en comparación con entrenamientos no supervisados durante tres meses, siendo el tamaño del efecto global de 0,59 (intervalo de confianza 95%: 0,31 a 0,85); la mejora se tradujo en una diferencia de unos 150 m. Además, la mejora en los resultados en el aumento de la capacidad de caminar se mantiene una vez finalizado el programa, observándose los mejores beneficios y resultados en aquellas personas que habían abandonado el uso del

tabaco o nunca fumaron. (**Keo et al 2008**) Estudio no se puede establecer ningún tipo de comparación porque no se ha tenido en cuenta esa variable, pero es del todo punto lógica en la fisiología respiratoria ya que unos u otros no han perdido capacidad pulmonar o han recuperado la capacidad pulmonar, medible fácilmente con el espirómetro.

La mayoría de la bibliografía utilizada y referida a la tercera edad, por no decir exclusivamente, trata de enfermos de una u otra patología, cardíaca, respiratoria, neurológica, etc. A quienes se les somete a una recuperación con distintos procedimientos físicos, siendo la más utilizada, la caminata sobre tapiz rodante, como es lógico.

Por ejemplo, después de un accidente cerebrovascular crónico, la tarea específica de entrenamiento se lleva a cabo sobre tapiz rodante soportando el peso del cuerpo exclusivamente porque se ha demostrado más eficaz que sobre cicloergómetro, incluso con resistencia de las extremidades inferiores. La marcha mejoró y se mantuvieron los beneficios durante seis meses. Sin embargo, los grupos que tuvieron la combinación de tapiz y cicloergómetro, con o sin técnicas de potenciación de la extremidad inferior, mejoraron considerablemente (**Sullivan et al 2007**).

Es lógico pensar que los enfermos neurológicos mejoran la distancia y la velocidad en cuanto su capacidad de recuperación muscular por el ejercicio les permite obtener esos resultados. Sin embargo, según demostró Bernal (2003) en cuya segunda conclusión categóricamente establece después de un exhaustivo estudio estadístico y matemático que "*No existe relación lineal entre el consumo de oxígeno y la masa muscular tanto en valor absoluto (Kg) como relativo (%)*"<sup>3</sup>.

El envejecimiento se asocia, entre otras muchas cosas, con una disminución en el control postural, la velocidad de la marcha, la longitud de la zancada y la distancia caminada así como a un aumento en la variabilidad de la marcha durante una prueba de marcha cronometrada (**Harris et al 2008**). Las variables de PECP, así como la distancia cubierta durante las pruebas de marcha, han demostrado ser útiles en la prescripción individual de la rehabilitación pulmonar y en el suplemento de oxígeno (por el ejercicio de fuerza antes y después de la intervención), y también para la seguridad del ejercicio en un posterior

---

<sup>3</sup> Bernal G (2003). Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. No publicada.

entrenamiento (por ejemplo, en los mayores "saludables"). En este grupo de pacientes, estos resultados deben tenerse en cuenta como una de las indicaciones principales para el ejercicio del ejercicio (**ERS et al, 2007**). La participación de adultos de edad avanzada en los programas de ejercicio aeróbico mejora considerablemente la salud, la capacidad física, la calidad de vida y la independencia natural (**Kalapocharakos, 2007**).

Caminar es la modalidad de entrenamiento aeróbico más común utilizada en los programas de rehabilitación. Así, los médicos y profesionales de la salud prescriben e indican a sus pacientes caminar a paso ligero en una superficie plana supervisados por el profesional correspondiente y, seguramente, lograrán beneficios cardiorrespiratorios valorables (**Quell et al 2002**). Caminar a paso ligero, si se realiza a intensidades moderadas (por ejemplo, de tres a cuatro millas/h o algo menos), puede producir un mejoría en la salud y en la capacidad aeróbica (**Pate et al 1995**) así como correr, montar en bicicleta u otras formas populares de entrenamiento aeróbico que proporcionan un estímulo suficiente para mejorar la capacidad cardiorrespiratoria (**Quell et al 2002**). Andar de forma habitual puede tener beneficios importantes para la salud, obteniéndose una mejoría de la actuación, la capacidad física y como prevención del inicio de discapacidad/incapacidad física en los mayores. Esto también refuerza la idea que las actividades de intensidad baja a moderada pueden mejorar la capacidad cardiorrespiratoria (**Wong et al 2003**).

En nuestro estudio el nivel de cumplimiento del ejercicio se ha demostrado ser un factor independiente, que afecta a la saturación de oxígeno arterial ( $\text{SaO}_2$ ), al consumo de oxígeno máximo ( $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) y a la distancia máxima caminada ( $\text{DC}_{\text{máx}}$ ). Los casos que cumplieron totalmente tienen valores más altos en comparación con los casos que cumplieron parcialmente y estos, a su vez, tienen datos superiores en comparación con los casos que no cumplieron. La explicación es obvia.

Los resultados del estudio muestran que el cumplimiento de los sujetos con el programa libre a largo plazo fue, casi 34% han cumplido totalmente, 27% han cumplido parcialmente y casi 39 % del grupo no lo han realizado, las mujeres tenían mejor adherencia al programa que los hombres. En los casos descritos en la literatura solo se han tenido en cuenta quienes realizaron todos los ejercicios.

Después las 12 primeras semanas de entrenamiento (el programa controlado a corto plazo) ha parecido una diferencia altamente significativa de las 3 variables del estudio ( $\text{SaO}_2$ ,  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ,  $\text{DC}_{\text{máx}}$ ), en el grupo comparado con antes del inicio del programa y con el grupo control. Este hecho coincido con todo lo indicado anteriormente, pero ahora referido a la situación del presente estudio. Es indudable que el entrenamiento ha beneficiado a estas personas, que no tenían ninguna patología asociada que les hubiera descartado del programa.

Entre la 12<sup>a</sup> y la 30<sup>a</sup> semana del programa hay una diferencia altamente significativa en los resultados del ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) y no hubo ninguna diferencia significativa en los resultados de la ( $\text{SaO}_2$ ), tampoco en la ( $\text{DC}_{\text{max}}$ ), entre la 30<sup>a</sup> y la 48<sup>a</sup> semana del programa hubo una diferencia altamente significativa en las 3 variables en el grupo que ha cumplido totalmente con el programa. También, hay una diferencia altamente significativa en las 3 variables entre los 3 grupos del programa (No/Parcial/Total cumplimiento) entre la 12, la 30<sup>a</sup> y la 48<sup>a</sup> semana del programa.

Entre la 30<sup>a</sup> y la 48<sup>a</sup> semana no hubo ninguna diferencia significativa en las 3 variables entre el grupo control y el grupo que no ha cumplido con el programa.

Estos resultados están respaldados porque las estrategias metodológicas en intervenciones de actividad física a corto plazo.

Las intervenciones de 40 días fueron: un programa de caminata con podómetro ( $n = 251$ ) y un programa intensivo ( $n = 148$ ). También hay un grupo de control activo ( $n = 135$ ). A los sujetos de intervención se les prescribe AF cada día y la obligación de registrar todas las sesiones de actividad (pasos-podómetro o el gasto de energía de los monitores de ritmo cardíaco).

Los datos suministrados por **Norton et al (2011)** relativos a la adhesión y grado de cumplimiento a la actividad física en este tipo de personas durante entrenamientos de 3, 6 y 12 meses, indican que el mayor cumplimiento se cifra en  $\geq 150$ min/semana inmediatamente después del entrenamiento (81,1% y 64,5% para los sujetos del grupo en tapiz y del podómetro, respectivamente); posteriormente disminuye de forma progresiva en los 12 meses siguientes, finalizando en tasas de 53,5% y 46.6 %, respectivamente para quienes utilizan el tapiz o similar y quienes usan el podómetro, destacando claramente que la

adhesión al instrumento, tapiz rodante, puede ser considerado como un elemento estimulador de la práctica de la actividad física en este tipo de sujetos.

Otro estudio longitudinal para determinar el impacto de la adhesión al tratamiento medicamento y de actividad física, realizado en **2007** por **Feldman et al**, en niños afectos de artritis idiopática juvenil, demostró que la alta adhesión y la moderada adhesión de los pacientes a la actividad física provocó en los padres una percepción de mejoría global de los niños.

También, **Ringbaek et al (2010)** en su estudio para examinar si el entrenamiento de mantenimiento (EM) durante 1 año mejora los efectos de un programa de siete semanas de rehabilitación de sujetos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) a largo plazo y para examinar los parámetros de los efectos secundarios sobre la adherencia al entrenamiento supervisado. La comparación entre el grupo control y el grupo de EM tuvo resultados significativamente mejores a los 3 y 6 meses y los resultados menos/nulos significativamente estadísticos a los 12 meses, sin diferencias entre los 2 grupos; se puede deducir que el efecto del EM está estrechamente relacionado con la adherencia al programa.

Los pacientes que van de cero a un poco de ejercicio, reciben los mayores beneficios de salud, mientras que la mejoría es menos notable cuando se va aumentando gradualmente el nivel de la actividad física (**Pate et al 1995**); por este motivo, además de lo propio del tiempo de aprendizaje, en los resultados expuestos, aparecen de hecho estos beneficios ya indicados desde 1995, lo que da validez al sistema.

El ejercicio regular proporciona grandes beneficios en la salud de las personas de la tercera edad, igual que en el caso de adultos más jóvenes, La actividad física regular también está asociado con la decreciente mortalidad y morbilidad relacionada con el envejecimiento. A pesar de esto, más de un 75% de adultos de edad avanzada son insuficientemente activos como para beneficiarse de estos ejercicios para la salud (**Nied y Franklin, 2002**).

Las investigaciones sobre el cumplimiento de los pacientes con los programas de rehabilitación cardíaca, los programas de prevención de fitness o las escuelas de espalda, reportan cifras diferentes sobre la adherencia al ejercicio. Parece ser que entre un tercio y dos tercios de los pacientes no cumplen con los ejercicios (**Jette, 1982**).

Los fisioterapeutas estiman que el 64% de los pacientes cumplen con los regímenes de ejercicio a corto plazo, pero que sólo el 23% de ellos cumplen con el ejercicio a largo plazo (**Sluijs y Kuijper, 1990**).

En un estudio previo se encuentra una relación positiva entre el cumplimiento y la retroalimentación (**Leventhal y Cameron, 1987**). Los pacientes cuyo cumplimiento fue supervisado y retroalimentado sobre sus evoluciones y progresos cumplieron mejor que los pacientes sin supervisión. He que coincide substancialmente con los resultados expuestos. Además, hace unos años, se demostró que el cumplimiento se reduce desde un 59% en un programa supervisado a un 29% después de 6 meses de ejercicio sin supervisión, llegando a la conclusión que el cumplimiento de los pacientes en terapia física no es satisfactorio, aunque con supervisión mejora la adherencia (**Sluijs et al 1993**).

En este estudio el género ha demostrado ser un factor independiente que afecta a la saturación de oxígeno arterial ( $SaO_2$ ), al consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) y a la distancia máxima caminada ( $DC_{m\acute{a}x}$ ). Las mujeres tienen un nivel más alto de  $SaO_2$  y los hombres tienen un nivel más alto del  $VO_{2m\acute{a}x}$  y de la  $DC_{m\acute{a}x}$ . Estos datos coinciden con los ofrecidos por **Beall (2000)**, **Fletcher et al (2001)**, **Nied y Franklin (2002)** y **Osses et al (2010)**, principalmente.

El valor máximo de  $SaO_2$  declina notablemente en la quinta y sexta década. Las mujeres adultas mantienen un  $SaO_2$  más alto y empiezan a mostrar diferencias a una edad más tardía que los hombres. El  $VO_{2m\acute{a}x}$  más bajo en las mujeres se atribuye a su menor masa muscular torácica accesoria de la respiración, a la hemoglobina más baja, así como al volumen de sangre y al volumen sistólico que es inferior al de los hombres.

Aunque se aceptan ampliamente los beneficios positivos del ejercicio aeróbico, la importancia del entrenamiento de resistencia en la población de mayor edad es cada vez más evidente. La fuerza muscular decae un 1.5% por década después de los 50 años y un 30% por década después de los 70 años. Esto se debe principalmente a la sarcopenia y se produce en mayor medida en las mujeres que en los hombres.

En un estudio con 175 voluntarios sanos de 20 a 80 años (98 mujeres) con espirometría normal y sin antecedentes de enfermedades debilitantes, realizando la prueba dos veces con un intervalo de 30 minutos, y midiéndose antes y después tanto la frecuencia

cardiaca como la saturación arterial de oxígeno y la disnea, se observó en el segundo intento de ambos sexos, un aumento significativo en la distancia caminada con valores de  $576 \pm 87$  m en las mujeres y  $644 \pm 84$  m en los hombres ( $P < 0,0001$ ), corroborándose lo anterior.



## ***CONCLUSIONES***

Tras los resultados expuestos por la aplicación de los métodos empleados en la población estudiada, y los comentarios y discusión, se llega a las siguientes conclusiones:

### **Primera**

Todas las personas que participaron en el programa de entrenamiento a corto plazo, duración 12 semanas, han incrementado significativamente las variables consideradas, saturación de oxígeno en la sangre ( $\text{SaO}_2$ ), el  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  y la distancia máxima caminada.

$P < 0.01$ :(HS).

### **Segunda**

Los varones tienen un mayor aumento en  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  y la distancia caminada es más larga que las mujeres. En cambio, las personas de mayor edad de sexo femenino tienen un mayor incremento en la saturación de oxígeno arterial ( $\text{SaO}_2$ ) que las del sexo masculino.

$P < 0.01$ :(HS).

### **Tercera**

La adhesión parcial y total al programa completo, 48 semanas, es porcentualmente muy superior al porcentaje de abandono (61% vs 39%)

### **Cuarta**

Quienes han cumplido total y parcialmente con el programa de entrenamiento a largo plazo mantienen la mejora conseguida en las variables estudiadas y evaluadas después del programa de 12 semanas, corto plazo.  $P < 0.01$ :(HS).

### **Quinta**

Las personas que no realizan el programa completo de entrenamiento, 48 semanas, pierden el beneficio de salud, conseguido durante las primeras 12 semanas de entrenamiento, traducido en la significación estadística expuesta.  $P > 0.05$ : (NS).

## ***Recomendaciones***

Para una vida más saludable, los adultos de edad avanzada tienen que ser físicamente activos, de tal modo que introduzcan en sus vidas algún tipo de actividad fisiodeportiva de intensidad moderada, al que ellos puedan adaptarse de una forma regular, al menos de 2 a 3 veces por semana y, si no se pudiera practicar de una forma regular, cualquier actividad física de vez en cuando es mejor que ninguna.

La participación de las personas mayores en programas de ejercicio aeróbico mejora considerablemente la salud, la capacidad física, la calidad de vida y la independencia natural y nunca es tarde en la vida para empezar una actividad física. Las autoridades sanitarias de Egipto, país natal del autor de la tesis, deberían tener en cuenta este hecho, como elemento de vida saludable en la población más longeva, ya que el incremento de la expectativa de vida es un hecho.

La participación en un ejercicio de caminata de intensidad moderada tres veces por semana incrementa el  $SaO_2$ , el  $VO_{2max}$  y la distancia máxima de marcha en las personas mayores sanas. Este sistema de entrenamiento se demuestra eficaz, barato y de fácil realización.

## ***Abreviaturas***

(AVD) Actividades de la Vida Diaria  
(CPT) Capacidad Pulmonar Total  
(CRF) Capacidad Residual Funcional  
(CV) Capacidad Vital  
(CVF) Capacidad Vital Forzada  
(DPCO) Difusión de la capacidad del Pulmón para el monóxido de carbono  
(EI) Extremidades Inferiores  
(FC) Frecuencia Cardíaca  
(FCmáx) Frecuencia Cardíaca Máxima  
(FVPE) Final del Volumen Pulmonar Espiratorio  
(GR) Grado de inclinación  
(IMC) Índice de la Masa Corporal  
(MCV) Máxima Contracción Voluntaria  
(MMI) Miembros Inferiores del cuerpo  
(MMS) Miembros Superiores del cuerpo  
(MPH) Milla Por Hora  
(PA) Presión Arterial  
(PaCO<sub>2</sub>) Presión Arterial del dióxido de carbono  
(PaO<sub>2</sub>) Presión Arterial del Oxígeno  
(PECP) Prueba del Ejercicio Cardiopulmonar  
(PEmáx) Presión Espiratoria Máxima  
(PFE) Producción de Fuerza Explosiva  
(PI máx) Presión Inspiratoria Máxima  
(PO<sub>2</sub>) Presión Parcial de Oxígeno  
(SaO<sub>2</sub>) Saturación del Oxígeno  
(VEF1) Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo  
(VO<sub>2</sub>máx) Consumo máximo de Oxígeno  
(VR) Volumen Residual

## ***Base de datos de los pacientes***

## GRUPO DE INTERVENCION

Code	Edad	Sexo	WT	HT	IMC	SaO2 Base Line	Vo2 Max BL	DistC BL	SaO2 12	Vo2m12	DistC12
132	61	0	78,5	165	28,8	97,2	1,61	623	98,9	1,79	766
232	65	0	81	167	29,0	97,4	1,62	636	99	1,8	772
311	67	0	83	164	30,9	97,3	1,65	691	98,8	1,91	851
411	66	0	79	168	28,0	97,1	1,63	645	98,9	1,92	820
522	69	0	81,5	166	29,6	97,5	1,6	682	98,7	1,85	790
611	63	0	84	165	30,9	97,3	1,66	671	98,9	1,9	810
712	64	0	79	164	29,4	97,2	1,65	665	98,6	1,91	822
822	68	0	78	166	28,3	97,6	1,64	648	98,8	1,82	772
932	67	0	81	168	28,7	97,7	1,62	659	98,8	1,8	780
1021	69	0	82,5	165	30,3	97,2	1,65	677	98,6	1,89	848
1111	64	0	81	167	29,0	97,3	1,6	683	98,7	1,85	815
1231	67	0	78	164	29,0	97,5	1,62	628	98,7	1,8	828
1311	65	0	83	166	30,1	97,2	1,64	692	98,9	1,88	779
1431	69	0	80,5	167	28,9	97,6	1,66	682	98,7	1,89	769
1521	63	0	84	163	31,6	97,7	1,62	641	98,6	1,87	850
1633	66	0	79,5	162	30,3	97,4	1,6	654	98,6	1,91	819
1712	65	0	81	167	29,0	97,6	1,61	641	98,6	1,9	833
1833	68	0	85,5	168	30,3	97,3	1,65	662	99,1	1,89	821
1911	62	0	79	166	28,7	97,6	1,64	690	99,1	1,88	845
2011	67	0	81	166	29,4	97,4	1,66	685	99,1	1,91	850
2121	68	0	86	165	31,6	97,3	1,66	658	99,5	1,93	834
2231	64	1	82	168	29,1	96,2	1,82	698	97,4	2,03	891
2332	60	1	80	171	27,4	96,4	1,84	739	97,8	2,04	898
2433	62	1	85	173	28,4	96,5	1,83	692	98,1	2,05	910
2533	65	1	81	169	28,4	96,3	1,81	711	97,9	2,03	876
2633	61	1	84	172	28,4	96,2	1,85	722	98	2,04	908
2733	67	1	80	170	27,7	96,6	1,82	691	98,2	2,03	884
2833	64	1	83	173	27,7	96,6	1,88	745	98,1	2,05	899
2933	66	1	84	171	28,7	96,2	1,93	712	97,7	2,05	927
3033	63	1	82	169	28,7	96,5	1,91	731	97,9	2,04	918
3133	64	1	81	168	28,7	96,3	1,9	690	98	2,03	854
3222	69	1	84	167	30,1	96,3	1,79	705	97,6	2,02	936
3322	63	1	85	172	28,7	96,4	1,9	709	98,2	2,05	926
3423	61	1	82	171	28,0	96,6	1,92	721	98,1	2,03	947
3523	60	1	80	170	27,7	96,5	1,91	738	97,8	2,04	952
3623	64	1	81	169	28,4	96,2	1,93	740	97,5	2,05	936
3712	68	1	83	172	28,1	96,2	1,79	719	97,8	2,01	921
3811	66	1	85	173	28,4	96,6	1,87	741	98,2	2,03	892
3912	62	1	84	171	28,7	96,3	1,93	700	97,6	2,05	908
4013	69	1	82	170	28,4	96,4	1,93	711	98,1	2,04	934
4113	67	1	80	173	26,7	96,2	1,92	702	97,7	2,02	928



## GRUPO DE INTERVENCION

Ej Físico 30 Semanas	SaO30	Vo2m 30	Dist C 30	Ej Físico 48	SaO 48	Vo2m 48	DistC48
0	98	1,7	730	1	98,7	1,8	746
0	98,2	1,68	641	1	98,8	1,72	699
2	99	1,97	862	2	99,1	1,99	868
2	99,2	1,97	841	2	99,3	1,99	861
1	98,9	1,79	770	1	98,8	1,72	775
2	98,9	1,96	828	2	99	1,98	841
2	98,7	1,91	824	1	98,6	1,79	798
1	98,5	1,79	732	1	98,5	1,8	736
0	97,6	1,66	691	1	97,8	1,72	711
1	98,1	1,75	782	2	98,6	1,88	851
2	98,9	1,88	823	2	98,8	1,91	829
0	97,6	1,65	636	2	98,4	1,82	825
2	98,7	1,89	778	2	98,9	1,91	792
0	97,8	1,79	688	2	98,6	1,91	772
1	98,1	1,82	806	2	98,7	1,89	848
0	97,8	1,79	672	0	97,5	1,59	650
2	98,7	1,99	846	1	98,5	1,78	799
0	97,9	1,78	685	0	97,3	1,62	654
2	99,1	1,93	851	2	99,2	1,95	867
2	98,8	1,83	789	2	99	1,84	792
1	98,8	1,8	787	2	99,5	1,94	838
0	96,7	1,85	711	2	97,3	2,05	894
0	96,6	1,79	742	1	97,5	1,99	798
0	97,2	1,84	759	0	97	1,79	701
0	96,8	1,82	762	0	96,4	1,8	710
0	97,1	1,82	802	0	96,5	1,86	732
0	97,2	1,78	721	0	96,6	1,75	698
0	96,9	1,89	771	0	96,4	1,75	749
0	96,4	1,9	784	0	96,3	1,85	712
0	97	1,88	756	0	96,7	1,8	725
0	97,2	1,9	715	0	96,2	1,79	692
1	97,2	2	901	1	97,6	2	898
1	97,8	2,01	890	1	98,1	1,99	906
1	97,5	2	891	0	96,8	1,91	742
1	97	1,95	901	0	96,4	1,92	741
1	96,9	1,95	888	0	96,3	1,91	735
2	98,1	2,05	928	1	98	1,96	909
2	98,3	2,15	890	2	98,4	2,18	902
2	97,7	2,09	918	1	97,5	2,03	893
2	98,3	2,07	941	0	96,4	1,91	722
2	97,9	2,1	932	0	96,9	1,95	721

## GRUPO DE CONTROL

Edad	Sexo	WT	HT	IMC	SaO2 Base Line	Vo2 Max BL	DistC BL	SaO2 12	Vo2 12	DistC 12
61	0	78,5	165	28,8	97,2	1,61	623	97.3	1,6	625
65	0	81	167	29,0	97,4	1,62	636	96.8	1,6	632
67	0	83	164	30,9	97,3	1,65	691	97	1,62	688
66	0	79	168	28,0	97,1	1,63	645	97.2	1,61	638
69	0	81,5	166	29,6	97,5	1,6	682	98	1,71	720
63	0	84	165	30,9	97,3	1,66	671	97.2	1,58	668
64	0	79	164	29,4	97,2	1,65	665	97.4	1,62	671
68	0	78	166	28,3	97,6	1,64	648	98	1,71	672
67	0	81	168	28,7	97,7	1,62	659	97.5	1,61	656
69	0	82,5	165	30,3	97,2	1,65	677	97.1	1,59	671
64	1	82	168	29,1	96,2	1,82	698	96.3	1,78	695
60	1	80	171	27,4	96,4	1,84	739	96.4	1,85	741
62	1	85	173	28,4	96,5	1,83	692	96.2	1,8	686
65	1	81	169	28,4	96,3	1,81	711	96.5	1,79	715
61	1	84	172	28,4	96,2	1,85	722	96.4	1,83	719
67	1	80	170	27,7	96,6	1,82	691	96,2	1,83	689
64	1	83	173	27,7	96,6	1,88	745	96.8	1,92	760
66	1	84	171	28,7	96,2	1,93	712	96.7	1,93	727
63	1	82	169	28,7	96,5	1,91	731	96.8	2,01	812
64	1	81	168	28,7	96,3	1,9	690	96,4	2,03	754
63	0	78.5	165	28.8	97.5	1.63	625	97.5	1.64	630
67	0	81	167	29.0	97.6	1.64	638	97.5	1.65	634
69	0	83	164	30.9	97.5	1.67	693	97.2	1.64	690
68	0	79	168	28.0	97.3	1.63	647	97.4	1.63	640
67	0	81.5	166	29.6	97.7	1.62	684	98.2	1.73	722
65	0	84	165	30.9	97.5	1.68	672	97.3	1.59	669
66	0	79	164	29.4	97.4	1.67	667	97.6	1.64	673
66	0	78	166	28.3	97.8	1.66	650	98.2	1.73	674
65	0	81	168	28.7	97.5	1.6	657	97.3	1.59	654
67	0	82.5	165	30.3	97	1.63	675	96.9	1.57	669
66	1	82	168	29.1	96	1.8	696	96.1	1.76	693
62	1	80	171	27.4	96.2	1.82	737	96.2	1.85	739
64	1	85	173	28.4	96.7	1.85	694	96.4	1.91	689
67	1	81	169	28.4	96.5	1.83	713	96.7	1.81	717
63	1	84	172	28.4	96.4	1.87	724	96.6	1.85	721
69	1	80	170	27.7	96.8	1.84	693	96.4	1.83	691
68	1	83	173	27.7	96.8	1.9	747	97	1.94	762
68	1	84	171	28.7	96.4	1.95	714	96.9	1.95	729
65	1	82	169	28,7	96.7	1.93	733	97	2.03	816
66	1	81	168	28.7	96.5	2	693	96.6	2.06	756

## GRUPO DE CONTROL

SaO30	Vo2 30	Dist C 30	SaO248	Vo2m48	DistC48
97	1,65	640	97.1	1,66	638
97.1	1,68	641	97.4	1,72	666
97.2	1,62	680	97.3	1,65	688
97.5	1,66	641	96.9	1,64	643
97.8	1,69	722	97.7	1,72	725
97.5	1,64	671	97.6	1,66	670
97.3	1,64	659	97.3	1,65	662
97.9	1,71	675	98	1,72	677
97,6	1,66	663	97.4	1,69	665
97.2	1,62	678	97	1,59	672
96,7	1,85	711	96.5	1,81	705
96,6	1,79	742	96.1	1,72	733
97,2	1,84	710	96.8	1,79	701
96,8	1,82	762	96.6	1,8	720
96.1	1,82	722	96.2	1,83	732
96.5	1,78	721	96.2	1,75	698
96,9	1,89	771	96.7	1,75	749
96,4	1,9	722	96.6	1,85	712
97	1,88	756	96.6	1,8	725
96.2	1,9	715	96.1	1,79	692
97.2	1,67	643	97.3	1,68	640
97.3	1,70	643	97.6	1,74	668
97.4	1,64	683	97.5	1,67	690
97.7	1,68	643	97.1	1,66	645
98	1,71	724	97.9	1,74	727
97.6	1,66	672	97.7	1,67	671
97.5	1,66	661	97.5	1,67	664
98.1	1,73	677	98.2	1,74	679
97.4	1,64	661	97.2	1,67	663
97	1,6	676	96.8	1,57	679
96.5	1,83	709	96.3	1,79	703
96.4	1,77	740	95.9	1,70	731
97.4	1,86	715	96.9	1,81	706
97	1,84	764	96.8	1,83	724
96.3	1,86	726	96.3	1,84	735
96.7	1,8	723	96.4	1,77	701
97.1	1,91	773	96.9	1,77	753
96.6	2,1	724	96.8	1,87	714
97.2	1,9	758	96.8	2	731
96.4	2,1	717	96.3	1,81	696

## **Anexo**

El consentimiento informado para el programa del entrenamiento  
(Traducido literalmente del idioma egipcio)

Quiero participar en el programa de entrenamiento sobre el tapiz rodante para mejorar mi función cardio-pulmonar.

Este programa fue recomendado por mi médico, el doctor Ashraf Adel Fahmy Bichay. Voy a hacer una evaluación clínica antes de entrar en este programa de ejercicios. Esta evaluación incluirá una historia clínica y examen físico que consiste en un ECG en reposo y con esfuerzo, y las mediciones de la frecuencia cardíaca, la tensión arterial, la saturación del Oxígeno, el VO<sub>2</sub> y la distancia caminada.

El propósito de esta evaluación es determinar la seguridad de mi participación en este programa de entrenamiento.

El programa seguirá un régimen de ejercicios formulado por el Dr Ashraf Adel Fahmy Bichay.

Entiendo que las actividades están diseñadas para colocar una carga de trabajo aumentando gradualmente la función cardiopulmonar en un intento de mejorar su función. La reacción del sistema cardiovascular a esas actividades no se puede predecir con total exactitud. Ciertos cambios pueden ocurrir durante o después del ejercicio, incluyendo anomalías de la presión arterial o la frecuencia cardíaca, la función cardíaca ineficaz, y posiblemente, en algunos casos, los ataques al corazón o paro cardíaco.

Me doy cuenta de que es necesario que informe inmediatamente los síntomas o signos que indican cualquier anomalía o malestar al supervisor del ejercicio. Doy mi consentimiento para la administración de las medidas de reanimación inmediata que considere conveniente el supervisor del ejercicio.

He leído lo anterior y lo entiendo. Mis preguntas han sido contestadas a mi satisfacción.

Asunto: consentimiento informado para el programa del entrenamiento

Médico:

Testigo y fecha:

## ***Bibliografía***

- Adelman RC, Verbrugge LM. Death Makes News: The social impact of disease on newspaper coverage. *J Health Soc Behav.* 2000;41(3):347-67.
- Akiyama Y, Nishimura M, Kobayashi S, Yamamoto M, Miyamoto K, and Kawakami Y. Effects of aging on respiratory load compensation and dyspnea sensation. *Am Rev Respir Dis* 1993;148 (6 Pt 1):1586-91.
- American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(6):975-91.
- American College of Sports Medicine. En: *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription.* Lippincott Williams & Wilkins. 6th Ed. Baltimore, MD 2000; p. 368.
- Aniansson A, Grimby G, Hedberg M. Compensatory muscle fiber hypertrophy in elderly men. *J Appl Physiol* 1992;73(3):812-6.
- Ardenne M : Age-dependence of oxygen transport into body tissues and the favorable modification of this transport by multistep oxygen therapy. *ZFA* .1984; 39 (4): 187-210.
- Beall CM. Oxygen saturation increases during childhood and decreases during adulthood among high altitude native Tibetans residing at 3,800-4,200m. *High Alt Med Biol.* 2000.1(1):25-32.
- Beere PA, Russell SD, Morey MC, Kitzman DW, Higginbotham MB. Aerobic exercise training can Reverse Age related peripheral circulatory changes in healthy older men. *Circulation* 1999; 100(10): 1085-94.
- Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A: Randomized controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure effects on functional capacity , quality of life and clinical outcome. *Circulation* 1999; 99(9):1173-82.
- Bellew JW, Yates JW, Gater DR. The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J Strength Cond Res.* 2003, 17(1):121-8.
- Bendermacher BL, Willigendael EM, Teijink JA, Prins MH. Supervised exercise therapy versus non-supervised exercise therapy for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006 19;(2):CD005263.
- Benetos A, Laurent S , Höök AP, Boutouyrie PH and Safar ME Arterial Alterations with Aging and High Blood Pressure A non-invasive study of carotid and femoral arteries. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology.* 1993;13:90-7 .
- Blomquist CG, Saltin B: Cardiovascular adaptations to physical training. *Annu Rev Physiol.* 1983;45:169-89.
- Bouchard C, An P, Rice T, Skinner JS, Wilmore JH, Gagnon J, Pérusse L, Leon AS, Rao DC. Familial aggregation of  $\dot{V}O_2$  max response to exercise training: results from the Heritage Family Study. *J Appl Physiol* 1999; 87 (3): 1003-8.
- Bourbeau J. Making pulmonary rehabilitation a success in COPD. *Swiss Med Wkly.* 2010;140:w13067.
- Brach JS, Simonsick EM, Kritchevsky S, Yaffe K, Newman AB. The association between physical function and lifestyle activity and exercise in the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc* 2004; 52 (4): 502-9.
- Bray MS. Genomics, genes and environmental interaction: the Role of exercise: *J Appl Physiol* 2000; 88 (2): 788-92.

- Brischetto M J, Millman R P, Peterson DD, Silage DA , Pack AI. Effect of Aging on Ventilatory Response to Exercises and CO<sub>2</sub>. *J Appl Physiol* 1984;56:1143-50.
- Camhi SL, Enright PL. How to assess pulmonary function in older adults. *J Respir Dis.* 2000; 21 (6): 395-400.
- Cardus J, Burgos F, Diaz O, Roca J, Barbera JA, Marrades RM, Rodriguez - Roisin RR, Wagner PD. Increase in Pulmonary ventilation -perfusion inequality with age in healthy individuals. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156 (2): 648-53.
- Carter R, Holiday D B, Stocks J, Tjep B. Peak physiologic responses to arm and leg ergometry in male and female patients with airflow obstruction. *Chest* 2003; 124(2): 511-18.
- Cerveri I, Zoia MC, Fanfulla F, Spagnolatti L, Berrayah L, Grassi M, Tinelli C. Reference values of arterial oxygen tension in the middle-aged and elderly. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995; 152(3):934-41.
- Chan ED, Welsh CH: Geriatric respiratory medicine. *Chest* 1998; 114(6): 1704-33.
- Chargé SB , Brack AS , Hughes SM.: Aging -related satellite cell differentiation defect occurs prematurely after ski-induced muscle hypertrophy. *Am J Physiol Cell Physiol* 2002; 283(4): 1228-41.
- Classen DC, Pestotnik SL, Evans RS, Lloyd JF, Burke JP. Adverse drug events in hospitalized patients. Excess length of stay, extra costs, and attributable mortality. *JAMA* 1997; 277(4):301-6.
- Coggan AR, Spina RJ, King DS, Rogers MA , Brown M , Nemeth PM , Holloszy JO. Histochemical and enzymatic comparison of the gastrocnemius muscle of young and elderly men and women . *J Gerontol* 1992; 47 (3): B 71-6.
- Connolly MJ, Crowley JJ, Charan NB, Nielson CP, Vestal RE. Reduced subjective awareness of bronchoconstriction provoked by methacholine in elderly asthmatic and normal subjects as measured on a simple awareness scale. *Thorax* 1992; 47(6): 410-3.
- Cook H, Stephens P, K Davies J, Harding KG and Thomas DW. Defective extracellular matrix reorganization by chronic wound fibroblasts is associated with alterations in TIMP-1, TIMP-2, and MMP-2 activity. *J Invest Dermatol.* 2000; 115(2): 225- 33.
- Dow L, Tracey M , Villar A, Coggon D, Margetts BM, Campbell MJ, Holgate ST. Does dietary intake of vitamins C and E influence Lung function in older people? *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154(5): 1401-4.
- Eliasieh K, Liets LC, Chalupa LM. Cellular reorganization in the human retina during normal aging. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007; 48 (6): 2824-30.
- Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB , Hyatt RE . Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149 (2 Pt 1): 430- 8.
- ERS Task Force, Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, Gosselink R, O'Donnell DE, Puente-Maestu L, Schols AM, Singh S, Whipp BJ. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J.* 2007;29(1):185-209.
- Faria EW , Faria IE. Cardiorespiratory responses to exercises of equal relative intensity distributed between the upper and lower body. *J Sports Sci.* 1998; 16(4):309-15.
- Ferrucci L, Cavazzini C, Corsi A, Bartali B, Russo CR, Lauretani F, Ferrucci L, Cavazzini C, Corsi AM, Bartali B, Russo CR, Lauretani F, Bandinelli S, Bandinelli S, Guralnik JM. Biomarkers of frailty in older persons. *J Endocrinol Invest.* 2002; 25(10):10-5.



- Feldman DE, De Civita M, Dobkin PL, Malleson PN, Meshefedjian G, Duffy CM. Effects of adherence to treatment on short-term outcomes in children with juvenile idiopathic arthritis. *Arthritis Rheum*. 2007 15;57(6):905-12.
- Figoni SF, Kunkel CF, Scremin AM, Asher A, Banks NL, Rivera A, Tin JK, Cohen B. Effects of exercise training on calf tissue oxygenation in men with intermittent claudication. *PM R*. 2009; 1(10): 932-40.
- Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, Froelieher VF, Leon AS, Pina I L, Rodney R, Simons-Morton DA, Williams MA, Bazzarre T.: Exercise Standards for Testing and Training. *Circulation* 2001; 104: 1694- 740.
- Frank-Stromberg M. Changing Demographics in the United States. Implications for health professionals. *Cancer* 1991; 67(6): 1772-8.
- Franklin SS, Weber MA. Measuring hypertensive cardiovascular risk: the vascular overload concept. *Am Heart J*. 1994;128(4):793-803.
- Franklin SS, Gustin WI, Wong ND, Larson MG, Weber MA, Kannel W B, Levy D. Hemodynamic patterns of age-related changes in blood pressure. The Framingham Heart Study. *Circulation*. 1997; 96(1): 308-15 .
- Franklin BA, Whaley MH, Howley ET. American College of Sports Medicine ACSM's Guidelines for Exercise Testing and prescription. 2000. 6<sup>th</sup> Ed. Cap 4, p. 57-9 .
- Frontera WR, Suh D, Kriviekas LS, Hughes VA, Goldstein R, Roubenoff R. Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *Am J Physiol Cell Physiol* 2000; 279 (3): C611-18.
- Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, and Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* . 2000; 88(4): 1321- 6.
- Harris MH, Holden MK, Cahalin LP, Fitzpatrick D, Lowe S, Canavan PK. Gait in older adults: a review of the literature with an emphasis toward achieving favorable clinical outcomes, part II. *Clin Geriatrics* 2008;16(8):37-45.
- Hepple RT, Hagen JL, Krause DJ. Oxidative Capacity Interacts with Oxygen delivery to determine maximal O<sub>2</sub> uptake in rat skeletal muscles in situ. *J Physiol* 2002; 541(3): 1003- 12.
- Hepple RT, Hagen JL, Krause DJ, Jackson CC. Aerobic power declines with aging in rat skeletal muscles perfused at matched convective O<sub>2</sub> delivery. *J Appl Physiol* . 2003 ; 94 (2): 744-51.
- Huang YJ, Chen MT, Fang CL, Lee WC, Yang SC, Kuo CHA possible link between exercise-training adaptation and dehydroepiandrosterone sulfate- an oldest-old female study. *Int J Med Sci*. 2006 Sep 10;3(4):141-7.
- Hughes VA, Frontera WR, Wood M, Evans WJ, Dallal GE, Roubenoff Rand Fiatarone Singh MA. Longitudinal muscle strength changes in older adults influence of muscle mass, physical activity and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(5):B209-17.
- Instituto Nacional de Estadística de España 2005. "Official Population Figures of Spain. Population on the 1st January 2008". [http://www.docstoc.com/docs/6160522/Demographics\\_of\\_Spain](http://www.docstoc.com/docs/6160522/Demographics_of_Spain) (Last access 24/10/2011).
- Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, López JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;79(3):260-7.
- Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological Changes In Respiratory Function Associated With Aging. *Eur Respir J* 1999;13(1):197-205.

Janssens JP. Aging of the Respiratory System: Impact on Pulmonary Function Tests and Adaptation to Exertion. *Clin Chest Med* 2005;26:469–84.

Jette AM. Improving patient cooperation with arthritis treatment regimens. *Arthritis Rheum* 1982;25(4):447-453.

Johnson BD, Reddan WG, Seow KC, Dempsey JA. Mechanical constraints on exercise hyperpnea in a fit aging population. *Am Rev Respir Dis* 1991; 143 (5 Pt 1):968-77.

Kalapotharakos VI. Aerobic exercise in older adults: Effects on VO<sub>2</sub> max and functional performance. *Critical Reviews in Physic Rehab Med.* 2007; 19:213-25.

Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, AngeLucci J. Physiological responses to upper body exercise on an arm and a modified leg ergometer. *Med. Sci Sports Exerc.* 1999; 31 (10): 1453-9.

Kent-Braun JA, Ng AV. Specific strength and voluntary muscle activation in young and elderly women and men. *J Appl Physiol.* 1999; 87(1): 22-9.

Keo H, Grob E, Guggisberg F, Widmer J, Baumgartner I, Schmid JP, Kalka C, Saner H. Long-term effects of supervised exercise training on walking capacity and quality of life in patients with intermittent claudication. *Vasa.* 2008;37(3):250-6.

Keteyian S, Marks CR, Levine AB, Fedel F, Ehrman J, Kataoka T, Levine TB. Cardiovascular responses of cardiac transplant patients to arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994; 68(5):441-4.

Kirkwood TB. Understanding the odd science of aging. *Cell.* 2005 Feb 25;120(4):437-47.

Kirkwood T. Ageing: too fast by mistake. *Nature.* 2006 21;444(7122):1015-7.

Kitzman DW, Sheikh KH, Beere PA, Philips JL, Higginbotham MB. Age-related alterations of Doppler left ventricular filling indexes in normal subjects are independent of left ventricular mass, heart rate, contractility and loading conditions. *J Am Coll Cardiol.* 1991;18(5): 1243-50.

Knight J, Nigam Y. Exploring the anatomy and physiology of ageing part 2 - The respiratory system. *Nursing Times.* 2008;104; 31: 24-5.

Knudson RJ. Physiology of the aging lung. In: Crystal RG, West JB, editors. *The lung scientific foundations.* New York: Raven; 1991. p. 1749-59.

Korkushko OV, Ivanov LA, Kobreniuk TM. Factors in the development of arterial hypoxemia in middle-aged and elderly people. *Fiziol Zh.* 1991;37(2):37-44.

Kravitz L. Senior fitness research roundup. *Idea. Fitness Journal.* 2010; 7(2):30-7.

Krowka MJ, Enright PL, Rodarte JR, Hyatt RE. Effect of effort on measurement of forced expiratory volume in one second. *Am Rev Respir Dis.* 1987;136(4):829–33.

Lakatta EG. Cardiovascular Regulatory Mechanisms in Advanced Age. *Physiological Rev.* 1993; 73(2), 413-467.

Lakatta EG. Age-associated cardiovascular changes in health: Impact on cardiovascular disease in older persons. *Heart Fail Rev.* 2002; 7(1), 29-49.

Larsson L. The age-related motor disability: underlying mechanisms in skeletal muscle at the motor unit, cellular and molecular level. *Acta Physiol Scand.* 1998; 163(3):S27–S29.

Leventhal H, Cameron L. Behavioral theories and the problem of compliance. *Patient Education and Counseling,* 1987, 10: 117 - 138.

Lewis M L, De Caterina R , Giuntini C. Distribution function of transit times in the human pulmonary circulation . J Appl Physiol 1994;76(3): 1363-71.

Little KC, Chartrand P. Genomic DNA is captured and amplified during double-strand break (DSB) repair in human cells. Oncogene. 2004 20;23(23):4166-72.

Ilich-Ernst J, Brownbill RA, Ludemann MA, Fu R. Critical Factors for Bone Health in Women Across the Age Span: How Important Is Muscle Mass? Medscape Womens Health. .2002; 7 (3): 2.

Lowe DA, Husom AD, Ferrington DA, Thompson LV. Myo-fibrillar myosin ATPase activity in hindlimb muscles from young and aged rats. Mech Ageing Dev. 2004;125(9):619-27.

Luff AR Age-associated changes in the innervation of muscle fibers and changes in the mechanical properties of motor units. Ann N Y Acad Sci. 1998; (854) :92-101.

Madsen OR, Lauridsen UB , Hartkopp A , Sorensen OH. Muscle strength and soft tissue composition as measured by dual energy X-ray in women aged 18-87 years. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1997;75(3):239-45.

Marais G, Dupont L, Mailliet M, WeisslandT, VanvelcenaherJ, Pelayo P. Cardiorespiratory and efficiency responses during arm and leg exercises with spontaneously chosen crank and pedal rates. Ergonomics .2002; 45(9): 631-39.

McConnell AK , Davies CT. A comparison of the ventilatory responses to exercise of elderly and younger humans. J Gerontol. 1992; 47(4): B 137- 141.

McKeough ZJ, Alison JA, Bye PT. Arm exercise capacity and dyspnea ratings in subjects with chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil. 2003;23(3):218-25.

McLaughlin A. A healthy old age: realistic or futile goal? Training showed noticeable improvement in elderly women. BMJ. 2001 Mar 31;322(7289):797.

Meyer KC.: The role of immunity and inflammation in lung senescence and susceptibility to infection in the elderly. Semin Respir Crit Care Med . 2010; 31(5):561-74.

Mizuno M. Human respiratory muscles: fiber morphology and capillary supply. Eur Respir J. 1991;4(5):587-601.

Mndroukas K , Angelopoulou N , Christoulas, K,Vrabas IS . Cardiorespiratory and metabolic responses during straight and bent knee cycling. J Sports Med Phys Fitness. 2000;40(2):145-9.

Narici MV, Maganaris CN , Reeves ND, Capodaglio P. Effect of aging on human muscle architecture . J Appl Physiol. 2003; 95(6):2229-34.

Neas LM , Schwartz J. The determinants of pulmonary diffusing capacity in a national sample of U.SAdultsAm J. Respir Crit Care Med.1996; 153(2): 656-64.

Newton RU , Hakkinen K , Hakkinen A , McCormick M , Volek J, Kraemer WJ. Mixed -methods resistance training increases power and strength of young and older men. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34(8): 1367-75.

Nied RJ , Franklin B. Promoting and Prescribing Exercise for the Elderly . Am Fam Physician. 2002; 65(3):419-26.

Norton LH, Norton KI, Lewis N, Dollman JA comparison of two short-term intensive physical activity interventions: methodological considerations. Int J Behav Nutr Phys Act. 2011 5;8:133.

Ogawa T, Spina RJ, Martin WH, Kohrt WM, Schechtman KB, Holloszy JO, Ehsani AA. Effects of aging, sex and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*. 1992;86(2): 494-503.

Ogburn -Russell L, Johnson JE. Oxygen saturation levels in the well elderly: altitude makes a difference. *J Gerontol Nurs*. 1990;(10): 26-30.

Oskving RM. Special problems in the elderly. *Chest*. 1999;115(5):158S-164S.

Osses AR, Yáñez VJ, Barría PP, Palacios MS, Dreyse DJ, Díaz PO, Lisboa BC. Reference values for the 6-minutes walking test in healthy subjects 20-80 years old. *Rev Med Chil*. 2010; 138(9):1124-30.

Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW, King AC. Physical activity and public health A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*. 1995 1;273(5):402-7.

Polkey MI, Harris ML, Hughes PD, Hamnegård CH, Lyons D, Green M, Moxham J. The contractile properties of the elderly human diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155(5):1560-4.

Pocari JP, Mc Carron R, Kline G. Is Fast Walking An adequate Aerobic Training Stimulus for 30 to 69 Year-old Men and Women ? *Phys Sports Med* 2002; 1: 119-29.

Porter MM, Vandervoort AA, Lexell JAging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports*. 1995;5(3):129-42.

Praet SF, van Loon LJ. Optimizing the therapeutic benefits of exercise in Type 2 diabetes . *J Appl Physiol* 2007; 103(4): 1113-20.

Priebe HJ. The aged cardiovascular risk patient. *Br J Anaesth*. 2000;85(5):763-78.

Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J Suppl*. 1993;16:5-40.

Quell KJ , Porcari JP , Franklin BA , Foster C , Andreuzzi RA, Anthony RM. Is brisk walking an adequate aerobic training stimulus for cardiac patients? *Chest*. 2002 ; 122(5): 1852-6 .

Randall T. Demographers ponder the aging of the aged and await unprecedented looming elder boom. *JAMA*. 1993 12;269(18):2331-2.

Reid WD, Dechman G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. *Phys Ther* 1995 ; 75(11) : 971-82 .

Reiser KM. Influence of age and long-term dietary restriction on enzymatically mediated crosslinks and nonenzymatic glycation of collagen in mice. *J Gerontol* 1994 ; 49(2): B 71-9 .

Richardson RS, Leigh JS, Wagner PD, Noyszewski EA. Cellular P<sub>O</sub><sub>2</sub> as a determinant of maximal mitochondrial O<sub>2</sub> consumption in trained human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1999; 87(1): 325-31.

Ringbaek T, Brondum E, Martinez G, Thogersen J, Lange P. Long-term effects of 1-year maintenance training on physical functioning and health status in patients with COPD: A randomized controlled study. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2010;30(1):47-52.

Raman SS Aging and the lung: physiology and clinical consequences. *Pulm Perspectives*, Northbrook, ILAm. College Chest Physicians 1997;14:6-8.

- Sadowsky HS. Pulmonary diagnostic tests and procedures. In: Hillebrand EA, Sadowsky HS. *Essentials of Cardiopulmonary Physical Therapy*. 2nd ed. Philadelphia, Pa: W. B. Saunders; 2001:421-49.
- Sell DR, Lane MA, Johnson WA, Masoro EJ, Mock OB, Reiser KM, Fogarty JF, Cutler RG, Ingram DK, Roth GS, Monnier VM. Longevity and the genetic determination of collagen glycoxidation kinetics in mammalian senescence. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1996; 93(1): 485–90.
- Shephard RJ. Exercise and aging: extending independence in older adults. *Geriatrics*. 1993;48(5):61-4.
- Shephard R J. Maximal oxygen intake and independence in old age. *Br J Sports Med*. 2009; 43(5):342-6.
- Siggaard-Andersen O, Wimberley PD, Fogh-Andersen N, Gøthgen IH. Arterial oxygen status determined with routine pH/blood gas equipment and multi-wavelength hemoximetry: reference values, precision, and accuracy. *Scand J Clin Lab Invest Suppl*. 1990;203:57-66.
- Sluijs EM, Kuijper EB. Problems patients encounter in educating patients [in Dutch]. *Nederlands Tijdschrift voor Fysiotherapie*. 1990; 100:128-132
- Sluijs EM, Kok GJ, van der Zee J. Correlates of exercise compliance in physical therapy. *Phys Ther*. 1993;73(11):771-82; discussion 783-6.
- Stratton JR, Levy WC, Cerqueira MD, Schwartz RS and Abrass IB. Cardiovascular responses to exercise. Effects of aging and exercise training in healthy men. *Circulation* 1994; 89(4): 1648-55.
- Sullivan KJ, Brown DA, Klassen T, Mulroy S, Ge T, Azen SP, Winstein CJ. Effects of specific locomotor and strength training in adults who were ambulatory after stroke : results of the STEPS randomized clinical trial. *Phys Ther*; 2007 ;87 (12) :1580 – 602
- Tanaka H., Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J AM Coll Cardiol*. (2001) ;37 (1):153-6.
- Teramoto S, Fukuchi Y, Nagase T, Matsuse T and Orimo HA. Comparison of ventilation components in young and elderly men during exercise. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995;50A(1):B34-9.
- Teramoto S. Substitution of arm span standing height is important for the assessment of predicted value of lung volumes in elderly people with osteoporosis. *Chest* 1999; 116 (6): 1837 -8.
- Teramoto S, Ishii M. Aging, the aging lung, and senile emphysema are different. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007; 175(2):197-8.
- Thompson LV, Brown M. Age-related changes in contractile properties of single skeletal fibers from the soleus muscle. *J Appl Physiol* 1999; 86(3): 881-6.
- Tockman MS. Aging of the respiratory system. In: Hazzard WR, Bierman EL, Blass JP, Ettinger WH Jr, Halter JB, eds. *Principles of geriatric medicine and gerontology*. New York: McGraw Hill, 1994: 499–507.
- Toplek K, Kelsen SG. Effect of aging on respiratory skeletal muscles. *Clin Chest Med*. 1993;14(3):363-78.
- Toplek K, Higgins N, Muza S, Criner G, Kelsen SG. Comparison of diaphragm strength between healthy adult elderly and young men. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152(2):677-82.
- Urbanek MG, Picken EB, Kalliainen LK, Kuzon WM Jr. Specific force deficit in skeletal muscles of old rats is partially explained by the existence of denervated muscle fibers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(5):B191-7.

Verbeken EK, Cauberghe M, Mertens I, Clement J, Lauweryns JM, Van de Woestijne KP. The senile lung. Comparison with normal and emphysematous lungs. 2. Functional aspects. *Chest*. 1992;101(3):800-9.

Vita AJ, Terry RB, Hubert HB, Fries JF. Aging, health risks, and cumulative disability. *N Engl J Med*. 1998 9; 338 (15):1035-41.

Wang J, Michelitsch TM, Wunderlin A, Mahadeva R. Aging as a consequence of misrepair - a novel theory of aging 2009. Department of Medicine, University of Cambridge, Addenbrooke's Hospital, Cambridge, United Kingdom.

Wasserman K. Coupling of external to cellular respiration during exercise: the wisdom of the body revisited. *Am J Physiol*. 1994;266(4 Pt 1):E519-39.

Westerhof N, O'Rourke MF. Haemodynamic Basis for the Development of Left Ventricular Failure in Systolic Hypertension and for Its Logical Therapy. *J Hypertens* 1995;13(9):943-52.

Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, Gulanick M, Laing ST, Stewart KJ; Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*. 2007.31;116 (5):572-84.

Wilmore JH. Aerobic Exercise and Endurance: Improving Fitness for Health Benefits. *Phys Sportsmed*. 2003; 31(5):45-51.

Wong CH, Wong SF, Pang WS, Azizah MY, Dass MJ. Habitual walking and its correlation to better physical function: implications for prevention of physical disability in older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2003; 58(6):555-60.

## ***Indicios de calidad***

**Pedro Javier Cañones Garzón, Director de**

**medicinageneral**y**familia**

**C E R T I F I C A**

Que en esta Revista ha sido aceptado para ser publicado el artículo titulado:

*Envejecimiento activo: ejercicio físico*

cuyo(s) autor(es) es(son):

*Adel Bichay A, Farouk Allam M, Poblador Fernández MS, Lancho Alonso JL*

El registro de referencia del artículo es: *MG - 2012/19*

Lo cual se hace constar para que surta los efectos oportunos.

Madrid, 17 de mayo de 2012.



**Pedro Javier Cañones Garzón**  
Director



## Certificado de Comunicación

El Comité Científico  
certifica que la comunicación con el título

**67/19: Eficiencia del entrenamiento sobre el consumo máximo  
de oxígeno, la oxigenación arterial de la sangre y la distancia  
máxima caminada en la tercera edad.**

del autor/es

**Adel Bichay, Ashraf; Farouk Allam, Mohamed;  
Poblador Fernández, Maria; Lancho Alonso, José Luis.**

ha sido presentada en las  
**II Jornadas Nacionales de Respiratorio SEMERGEN,**  
celebradas en Hotel Cándido de Segovia,  
los días 11 y 12 de Mayo del 2012

Segovia, 12 de Mayo del 2012

  
**Dr. D. Antonio Hidalgo Requena**  
Presidente del Comité Científico