

Efecto de un Plan de Entrenamiento Físico en el Consumo Máximo de Oxígeno... 1

**Efecto de un Plan de Entrenamiento Físico en el Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y  
el Consumo Miocárdico de Oxígeno ( $MVO_2$ ) en Pacientes Hipertensos Adultos Mayores  
Adscritos a la IPS CAJASAN (Bucaramanga)**

**Jorge Luis Pérez Sierra**

**Universidad de Pamplona**

**Facultad de Salud**

**Maestría en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte**

**Pamplona**

**2015**

**Efecto de un Plan de Entrenamiento Físico en el Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y el Consumo Miocárdico de Oxígeno ( $MVO_2$ ) en Pacientes Hipertensos Adultos Mayores Adscritos a la IPS CAJASAN (Bucaramanga)**

**Jorge Luis Pérez Sierra**

**Trabajo de Grado Como Requisito para Optar al Título de Magister en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte**

**Asesora**

**PhD. Sonia Carolina Mantilla**

**Universidad de Pamplona**

**Facultad de Salud**

**Maestría en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte**

**Pamplona**

**2015**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Pamplona, agosto 24 de 2015

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi esposa Marisol Rojas

A mis hijos Luis Carlos, Farid Sebastián y Solymar, por ser el motor que impulsan todas mis acciones Y por alentarme cuando las fuerzas me han mermado

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios sobre todas las cosas, por permitirme concluir estos estudios.

A la universidad de Pamplona por ofrecer esta maestría tan necesaria para capacitar profesionales que puedan mejorar el deporte y la salud de la región y el país.

A los docentes de la maestría por enseñarme cosas nuevas e interesantes cada día.

A los pacientes que hicieron parte del estudio, sin su participación no hubiese sido posible el desarrollo del mismo.

A la Universidad Cooperativa de Colombia (UCC) seccional Bucaramanga, por permitirme usar el laboratorio de fisiología del ejercicio para esta investigación.

A CAJASAN por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

Al Doctor José Alfredo Jiménez, médico Cardiólogo, por su colaboración y asesoría en todo el proceso.

Al Licenciado en Educación Física Recreación y Deportes, Luis Ernesto Villamizar, por su participación en la planeación y ejecución del plan de entrenamiento.

A la administración del Polideportivo del Barrio Mutis de Bucaramanga, por permitir usar sus instalaciones en el marco del convenio con la UCC.

### **Siglas utilizadas en el texto**

**ACSM:** American College of Sports Medicine. En español Colegio Americano de Medicina del Deporte

**ACV:** Accidente cerebro vascular

**ADN:** ácido Desoxirribonucleico

**AFTL:** Actividad Física en Tiempo Libre

**AHA:** American Heart Association en español Asociación Americana del Corazón

**AM:** Amplitud de Movimiento

**ATP:** Adenosin Trifosfato

**AV:** arteriovenosa

**CAJASAN:** Caja Santandereana de Subsidio Familiar

**CAT:** Catalasas

**CEIPC:** Comité Español Interdisciplinario para la prevención cardiovascular

**CHEP:** Canadian Hypertension Education Program. En español: programa canadiense de educación en hipertensión

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono

**CONAMA:** Comité Nacional para el Adulto mayor

**CuZnSOD:** cobre Zinc Superoxido Dismutasa

**DP:** Doble Producto

**ECA:** Enzima Convertidora de la Angiotensina

**ECV:** Enfermedad cardiovascular

**EKG:** Electrocardiograma

**EPOC:** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

**EPS:** Empresas Promotoras de Salud

**ESH/ESC:** European Society Hypertension/ European Society Cardiology en español Sociedad Europea de Hipertensión/ Sociedad Europea de Cardiología.

**GC:** Gasto Cardíaco

**GPx:** Glutación Peroxidasa

**HDL:** High Density Lipoprotein. En español Lipoproteínas de Alta Densidad

**HTA:** Hipertensión arterial

**IAM:** Infarto Agudo al Miocardio

**ICFEP:** Insuficiencia Cardíaca con Fracción de Eyección Preservada

**IMC:** Índice de Masa Corporal

**IPS:** Instituciones prestadoras de salud

**IR:** Isquemia reperfusión

**JNC:** Joint national committee en español comité nacional conjunto para la detección, prevención y tratamiento de la presión arterial.

**LDL:** Low Density Lipoprotein. En español Lipoproteínas de Baja Densidad

**MET:** Equivalente de Trabajo Metabólico

**MnSOD:** manganeso superóxido dismutasa

**MVO<sub>2</sub>** : Consumo miocárdico de oxígeno

**NO:** Óxido Nítrico

**O M S:** Organización Mundial de la Salud

**O<sub>2</sub>:** Oxígeno

**PA:** Presión arterial

**PAD:** Presión Arterial Diastólica

**PAS:** presión arterial Sistólica

**PI:** Precondicionamiento Isquémico

**PTP:** Poros de Transición de Permeabilidad

**RC:** Rehabilitación Cardiovascular

**RCV:** Riesgo Cardiovascular

**RM:** Repetición Máxima

**ROS:** Reactive Oxygen Reactive en español Especies Reactivas del Oxígeno

**TEP:** Tromboembolismo Pulmonar

**TVP:** Trombosis Venosa Profunda

**USPSTF:** United States Preventive Services Task Force. En español: Grupo de trabajo de servicios preventivos de los Estados Unidos

**VO<sub>2</sub>:** Consumo de oxígeno

**VO<sub>2max</sub>:** Consumo máximo de oxígeno

**VS:** Volumen sistólico

**Tabla de Contenido**

	pág.
Introducción	18
1. Título	22
1.1 Descripción del Problema	22
1.2 Formulación del Problema	27
1.3 Justificación	27
1.4 Objetivos	29
1.4.2 Objetivos Específicos	30
2.1.1 Investigativos	31
2.2 Bases Teóricas	34
2.2.1 Ejercicio físico y HTA	34
2.2.2 Ejercicio físico y función endotelial	37
2.2.3 Ejercicio físico y otros factores de riesgo cardiovascular	38
2.2.4 Ejercicio físico y VO <sub>2</sub>	40
2.2.5 Ejercicio físico y MVO <sub>2</sub>	44
2.2.6 Efecto protector del ejercicio físico del daño por isquemia-reperusión	49
2.2.7 Efecto de la inactividad física	51
2.2.8 Capacidades biomotoras que se deben trabajar en las personas adultas mayores para mantener y mejorar su estado de salud	53
2.2.8.1 Resistencia cardiovascular o aeróbica	54
2.2.8.2 Trabajo de fuerza	57

Efecto de un Plan de Entrenamiento Físico en el Consumo Máximo de Oxígeno...	10
2.2.8.3 Trabajo de flexibilidad	59
2.2.8.4 Trabajo de equilibrio	61
3. Diseño Metodológico	65
3.1 Tipo de Investigación	65
3.3.1 Criterios de Inclusión	67
3.3.2 Criterios de exclusión	67
3.4 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Información	68
3.4.1 Medición del $VO_{2max}$	68
3.4.2 Medición del $MVO_2$	69
3.4.3 Otros instrumentos utilizados en la prueba ergométrica y en el desarrollo de los ejercicios	69
3.5 Consentimiento Informado	71
4. Análisis de Resultados	72
4.1 Comparación Grupo Intervención vs. Grupo Control	73
4.1.1 Edad y Género en Grupo Control e Intervención	73
4.1.2 $VO_{2max}$ en Grupo Intervención y Control	75
4.1.3 Análisis para la Variable $VO_{2max}$ en el Grupo Intervención y Control	79
4.1.4 $MVO_2$ en el grupo control e intervención	82
4.1.5 Análisis para la variable $MVO_2$ en el grupo intervención y control	85
4.2 Plan de Entrenamiento Físico	88
4.2.1 Trabajo de resistencia aeróbica	93
4.2.2 Trabajo de fuerza	94
4.3 Macro ciclo Plan de Entrenamiento Físico	109

Efecto de un Plan de Entrenamiento Físico en el Consumo Máximo de Oxígeno... 11

Discusión	118
Conclusiones	133
Recomendaciones	136
Referencias Bibliográficas	137
Anexos	145

### Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1 <i>Descripción de variables</i>	62
Tabla 2 <i>Edad y género en Grupo Intervención y Grupo Control</i>	73
Tabla 3 <i>Distribución por género y edad. Ambos grupos</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 4 <i>Comparación de datos de las edades entre los grupos intervención y control</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 5 <i>VO<sub>2max</sub> Pre- VO<sub>2max</sub> pos, diferencia de medias de VO<sub>2max</sub> Grupo intervención</i>	75
Tabla 6 <i>VO<sub>2max</sub> Pre - VO<sub>2max</sub> Pos y diferencia de medias VO<sub>2max</sub> en el grupo control</i>	76
Tabla 7 <i>Comparación del VO<sub>2máx</sub> en el pretest y en el postest, en ambos grupos</i>	78
Tabla 8 <i>Test de normalización de datos VO<sub>2max</sub> ambos grupos</i>	79
Tabla 9 <i>p Valor ambos grupos para VO<sub>2max</sub></i>	80
Tabla 10 <i>Comparación del VO<sub>2max</sub> ambos grupos</i>	80
Tabla 11 <i>MVO<sub>2</sub> Pre, MVO<sub>2</sub> Pos y diferencia de medias MVO<sub>2</sub> en el grupo control</i>	82
Tabla 12 <i>MVO<sub>2</sub> Pre, MVO<sub>2</sub> Pos y diferencia de medias MVO<sub>2</sub> en el grupo intervención</i>	84
Tabla 13 <i>Comparación MVO<sub>2</sub> en el pretest (PRE) y el postest (POS) ambos grupos</i>	85
Tabla 14 <i>Prueba de normalización de datos para MVO<sub>2</sub></i>	86
Tabla 15 <i>Prueba de hipótesis para MVO<sub>2</sub> grupo intervención</i>	86
Tabla 16 <i>Prueba de hipótesis para MVO<sub>2</sub> grupo control</i>	87
Tabla 17 <i>Comparación del MVO<sub>2</sub> ambos grupos pre y pos plan de entrenamiento</i>	87
Tabla 18 <i>Macro ciclo, Mesociclos I, II y III</i>	109
Tabla 19 <i>Mesociclo I tipo entrante</i>	109

Tabla 20 <i>Mesociclo II tipo entrante</i>	110
Tabla 21 <i>Mesociclo III entrante</i>	110
Tabla 22 <i>Mesociclo I, Microciclo I</i>	110
Tabla 23 <i>Mesociclo I, Microciclo 2</i>	111
Tabla 24 <i>Mesociclo I, Microciclo 3</i>	111
Tabla 25 <i>Mesociclo I, Microciclo 4</i>	112
Tabla 26 <i>Mesociclo II, Microciclo 5</i>	112
Tabla 27 <i>Mesociclo II, Microciclo 6</i>	113
Tabla 28 <i>Mesociclo II, Microciclo 7</i>	113
Tabla 29 <i>Mesociclo II, Microciclo 8</i>	114
Tabla 30 <i>Mesociclo III, Microciclo 9</i>	114
Tabla 31 <i>Mesociclo III, Microciclo 10</i>	115
Tabla 32 <i>Mesociclo III, Microciclo 11</i>	115
Tabla 33 <i>Mesociclo II, Microciclo 7</i>	116
Tabla 34 <i>Mesociclo II, Microciclo 7</i>	117

### Lista de Figuras

	pág.
<i>Figura 1.</i> $VO_{2max}$ . pre y $VO_{2máx}$ . pos en grupo intervención	76
<i>Figura 2.</i> $VO_2$ pre – $VO_2$ pos grupo control	78
<i>Figura 3.</i> Comparación del $VO_2$ ambos grupos pre y pos intervención	81
<i>Figura 4.</i> $MVO_2$ pre- $MVO_2$ pos de grupo control	83
<i>Figura 5.</i> $MVO_2$ pre – $MVO_2$ pos de grupo intervención	85

### **Lista de Anexos**

	pág.
Anexo 1. Tabla General de Datos	145
Anexo 2. Protocolo de Bruce y Bruce modificado	148
Anexo 3. Escala de Borg modificada	149
Anexo 4. Fórmula de Karvonen	150
Anexo 5. Formato de consentimiento informado para participar en proyecto de investigación	151
Anexo 6. Formato de consentimiento informado para realizar la prueba de esfuerzo	154
Anexo 7. Ejercicios para mejorar la fuerza	156

## Resumen

Este trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar el efecto de un plan de ejercicio físico sobre el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y sobre el consumo miocárdico de oxígeno ( $MVO_2$ ) en pacientes hipertensos adultos mayores de la IPS CAJASAN (Bucaramanga). Fue un estudio de tipo cuasi experimental, 40 pacientes entre 60 a 75 años, de ambos géneros, distribuidos en dos grupos, de manera equitativa, 20 grupo intervención y 20 control, duración 12 semanas, todos pertenecían al programa de riesgo cardiovascular (RCV) de CAJASAN, la muestra fue no probabilística, el grupo control hizo 1 hora de caminata diaria, el intervención hizo 1 hora al día, 5 días a la semana, trabajo de capacidad aeróbica (50 al 75% del  $VO_{2max}$ ), fuerza, se realizaron valoraciones médicas y de laboratorio, para determinar el estado de salud, se hizo ergometría (Bruce modificado), para determinar el  $VO_{2max}$ , y el  $MVO_2$ , a ambos grupos, antes y después de realizar el plan de entrenamiento, el procesamiento de la información se realizó con base de datos en Excel y el software estadístico SPSS 20, se aplicaron estadísticas descriptivas, de media, mediana, desviación estándar, el grupo control disminuyó el  $VO_{2max}$  en 3,6% y el intervención aumento significativamente 27%  $P < 0,05$ , el  $MVO_2$  en el grupo control aumentó 0,25% no significativo, y en el grupo intervención disminuyó significativamente 10%  $P < 0,05$ , lo que demuestra mayor eficiencia cardiaca con mayor rendimiento musculo esquelético,  $<MVO_2$ , con  $> VO_2$  mejorando la capacidad física. Se concluyó que un plan de ejercicio físico estructurado, orientado y evaluado por profesionales de la actividad física, aumenta el  $VO_{2max}$  y disminuye o mantiene el  $MVO_2$ , en comparación con una actividad física espontanea, auto-dirigida.

**Palabras claves:** consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ), consumo miocárdico de oxígeno ( $MVO_2$ ), plan de entrenamiento, actividad aeróbica, fuerza.

### **Abstract**

This research aimed to determine the effect of an exercise plan on the maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) and myocardial oxygen consumption ( $MVO_2$ ) in elderly hypertensive patients CAJASAN IPS (Bucaramanga). It was a study of quasi-experimental, 40 patients aged 60-75 years, of both genders, divided into two groups equally, 20 intervention group and 20 control lasting 12 weeks, all belonged to the program of cardiovascular risk (CVR) of CAJASAN, the sample was not random, control group made 1 hour daily walk, the intervention made 1 hour a day, five days a week of aerobic work capacity (50 to 75% of  $VO_{2max}$ ), strength, medical and laboratory assays were performed to determine the state of health, exercise test (modified Bruce) was made to determine the  $VO_{2max}$ , and  $MVO_2$ , both groups, before and after performing the training plan, processing information was performed with Excel database and statistical software SPSS 20, Descriptive statistics, mean, median, standard deviation, the control group decreased  $VO_{2max}$  were applied at 3.6% and intervention significantly increased 27%  $P < 0.05$ , the  $MVO_2$  in the control group increased 0.25% not significant, and in the intervention group significantly decreased 10%,  $P < 0.05$ , demonstrating increased cardiac efficiency more skeletal muscle performance,  $<MVO_2$ , with  $>VO_2$  improving physical capacity. It was concluded that a structured exercise plan, designed and evaluated by professionals in physical activity, increases  $VO_{2max}$  and decreases or maintains the  $MVO_2$ , compared to a self-directed spontaneous physical activity.

**Keywords:** maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ), myocardial oxygen consumption ( $MVO_2$ ), physical activity, plan training, aerobic activity.

## **Introducción**

En Colombia como en el resto del mundo la enfermedad cardiovascular (ECV) es la primera causa de morbimortalidad, siendo la hipertensión arterial (HTA) uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de esta, alrededor de un 50% de las personas adultas mayores de 60 años padecen HTA. Organización Mundial de la Salud (O M S, 2010). Para el control de la HTA son fundamentales los fármacos, que a pesar de su efectividad, son costosos, con efectos secundarios, pueden desencadenar interacción farmacológica con otras sustancias utilizadas, lo que deteriora la calidad y expectativa de vida de los pacientes. En el tratamiento se invierten grandes recursos económicos personales, de las Empresas Promotoras de Salud (EPS) de las instituciones prestadoras de salud (IPS) y estatal, para un óptimo control; pero no se tiene en cuenta el entrenamiento físico, que está ampliamente reconocido como parte del manejo terapéutico de esta entidad clínica y demás factores de riesgo cardiovascular. (Grupo de Trabajo para el manejo de la hipertensión arterial de la Sociedad Europea de Hipertensión, ESH/ESC 2013)

El ejercicio físico aeróbico disminuye la presión arterial (PA) sistólica y diastólica 5-7 mmHg, mientras que el entrenamiento de resistencia dinámica reduce la PA 2-3 mmHg. Esto es lo que hace cualquier fármaco antihipertensivo, el riesgo de ECV es menor en un 20-30 % cuando se hace ejercicio físico que cuando no se hace, realizar ejercicio 1 solo día a la semana es tan efectivo (o incluso más) que la farmacoterapia para reducir la mortalidad por cualquier causa, entre ellas la hipertensión. (Pescatello, MacDonald, & Lamberti, 2015)

Meta-análisis bien elaborados comparando ejercicio físico y medicamentos no mostraron diferencia estadísticamente significativas entre el ejercicio y las intervenciones farmacológicas

en mortalidad por enfermedad coronaria y la prediabetes, la actividad física es más eficaz para la prevención secundaria de mortalidad por ACV. Por esta razón la Comisión Nacional Mixta, el *Joint National Committé* (JNC 7), JNC 8, la Asociación Americana del Corazón (AHA) el Colegio Americano de Cardiología, Grupo de Trabajo de Estilo de Vida Saludable, una reciente Declaración Científica de la AHA, el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM ), la sociedad europea de HTA, la Sociedad Europea de cardiología (ESH / ESC), y el programa de educación en HTA canadiense, (CHEP), todos recomiendan el ejercicio para la prevención , tratamiento y control de la hipertensión. (Pescatello et al., 2015)

Roberts (1984) publicó en el *American journal of cardiology* “existe un agente que baja el colesterol, los triglicéridos, la presión arterial, el peso, la glicemia, es diurético, controla el apetito, mejora la circulación, ayuda a controlar el estrés, la ansiedad , la depresión, este agente es el ejercicio físico”. La evidencia epidemiológica y experimental de las últimas décadas muestra con claridad los beneficios preventivos y terapéuticos del ejercicio regular. Aunque ha sido difícil depurar los efectos aislados y específicos del ejercicio, se han podido demostrar respuestas metabólicas y hemodinámicas características de la actividad física regular que permiten prevenir la aparición y el desarrollo de la HTA y la enfermedad cardiovascular. (Duperly & Anchique, 2006)

El ejercicio físico adquiere cada vez más importancia en el tratamiento de los pacientes con HTA y otros factores de riesgo cardiovascular, el ejercicio puede beneficiar el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y el consumo miocárdico de oxígeno ( $MVO_2$ ). El consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ) es la variable que se mide en la valoración del rendimiento cardiocirculatorio. Representa la máxima cantidad de oxígeno ( $O_2$ ) utilizada por las células corporales cuando se realiza un ejercicio máximo (Sociedad Española de Cardiología, 2012). Se

deduce que a mayor  $VO_2$ , mayor capacidad aeróbica, mayor posibilidad de realizar las actividades cotidianas, sobre todo en el adulto mayor, donde se disminuye la capacidad para realizar las actividades de la vida diaria.

El consumo miocárdico de oxígeno, es la cantidad de  $O_2$  utilizado por la célula cardiaca en cualquier momento de su actividad, está determinado por la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica. Cuanto mayor es el incremento de ambos factores, mayores son las necesidades energéticas del miocardio que han de compensarse con un mayor flujo coronario (Sociedad Española de Cardiología, 2012). Cuando se incrementa la actividad física se aumenta de manera proporcional el  $MVO_2$ , el ejercicio físico produce vasodilatación coronaria, mejorando el aporte de  $O_2$  al miocardio, clave en el paciente hipertenso, la HTA aumenta la rigidez en el sistema arterial, especialmente en el paciente adulto mayor con esta enfermedad.

El propósito de esta investigación fue determinar el efecto del ejercicio físico sobre el  $VO_{2max}$  y el  $MVO_2$  en pacientes adultos mayores hipertensos, adscritos a la Institución Prestadora de Salud (IPS) de la caja Santandereana de subsidio Familiar (CAJASAN), de Bucaramanga. Inicialmente se hace una revisión teórica acerca de la importancia de la actividad física en el tratamiento de la HTA, el ejercicio físico y la función endotelial, el efecto sobre otros factores de riesgo cardiovascular, el ejercicio físico y el  $VO_{2max}$ , el ejercicio y el  $MVO_2$ , las consecuencias de la inactividad física, las capacidades biomotoras que se deben trabajar en el adulto mayor, se revisan los antecedentes epistemológicos acerca del ejercicio físico y la HTA, el  $MVO_2$  y sobre  $VO_{2max}$ .

En el siguiente capítulo se expone la metodología, esta fue una investigación analítica, quasi experimental con grupo control e intervención, 20 pacientes en cada grupo, se les midió el  $VO_{2max}$  y el  $MVO_2$  antes y después del plan de entrenamiento, el que duró 12 semanas, se

analizaron los cambios antes y después del periodo de entrenamiento, se realizaron los análisis y discusiones de los resultados, finalmente se formularon las conclusiones.

## CAPITULO I

### 1. Título

Efecto de un plan de entrenamiento físico en el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y el consumo miocárdico de oxígeno ( $MVO_2$ ) en pacientes hipertensos adultos mayores adscritos a la IPS CAJASAN (Bucaramanga).

#### 1.1 Descripción del Problema

En el 2012, las enfermedades no transmisibles causaron más de 68% de las muertes en el mundo, lo que representa un aumento en comparación con el 60% registrado en el año 2000. La principal causa de muerte fueron las enfermedades cardiovasculares, estas causaron casi 17,5 millones de muertes, es decir, 3 de cada 10. De estas, 7,4 millones se atribuyeron a la cardiopatía isquémica, y 6,7 millones, a los accidentes cerebrovasculares, el 75% correspondieron a países de ingresos bajos y medios, afectando por igual a ambos sexos. Se calcula que en 2030 morirán cerca de 25 millones de personas por ECV, sobre todo por cardiopatías y ACV, y se prevé que sigan siendo la principal causa de muerte. (O M S, 2014)

Los casos de ECV y cardiopatías coronarias tienen asociación directa con la HTA, que es una condición muy frecuente en la población general, aumentándose mucho más en el adulto mayor. La hipertensión es el más común, costoso, y prevenible factor de riesgo para ECV. Aproximadamente 80 millones de estadounidenses (33%) tienen hipertensión sistólica o diastólica  $PA > 140/90$  mmHg, otros 87 millones (36 %) tienen prehipertensión ( $PAS \geq 120 < 140$  mmHg y / o  $PAD \geq 80 < 90$  mmHg); lo que asciende a casi el 70 % de los estadounidenses con

cifras de PA alta (Pescatello et al., 2015). La prevalencia de la HTA en Europa está entre el 30 al 45% de la población general, con un fuerte aumento durante el envejecimiento (ESH/ESC, 2013). En Argentina la prevalencia de HTA es del 25%, mientras que en países como México y Paraguay esta prevalencia llega casi a un 30% (Sarmiento, 2006). En el boletín epidemiológico del Ministerio de Salud Pública de Colombia (2014), se revela que en la actualidad, el infarto, la trombosis, la hipertensión y la diabetes están en la lista de las 10 principales causas de mortalidad en Colombia, lo cual pone al país frente a una epidemia de las ECV, las causas son múltiples, caracterizadas por hábitos de vida no saludables, como sedentarismo, consumo de tabaco, alcohol y sal, así como sobrepeso u obesidad. El perfil epidemiológico de Colombia para 2011, la tasa de mortalidad por cada 100 mil habitantes para ECV era de 166,7 para mujeres y de 205,9 para hombres. Las ECV fueron la causa de muerte de 60.000 colombianos, por lo que uno de cada tres fallecimientos en el país tuvo ese origen durante este año.

En Bogotá sólo 6,3% de la población con HTA fue reportada por las IPS, según los datos tomados de los reportes de las consultas o de sus programas (Cáliz, 2000), lo que permite estimar que las tres cuartas partes de las personas afectadas pueden estar sin control de su presión elevada. Esto muestra un sub-registro de las cifras aportadas al sistema de vigilancia y seguimiento epidemiológico, o que efectivamente las personas no se encuentran en control.

La prevalencia de HTA en Bucaramanga, es muy similar a la observada en Santander: 21.4% en la población general, 25.0% en hombres y 18.4% en mujeres (Bautista, Vera, Villamil, Silva & Peña, 2002). En la IPS CAJASAN, están zonificados los usuarios de la Nueva EPS, donde el 55 % de sus afiliados son adultos mayores. De acuerdo a las estadísticas de consulta externa de esta institución se encontró que la primera causa de consulta externa es la HTA, las estadísticas representan el 45% de los casos. (Caja de Compensación Familiar de Santander,

CAJASAN, 2010)

Con el proceso de envejecimiento poblacional, se ha presentado una disminución de la actividad física, con ello aumento de la ECV, disminución de la independencia funcional, esta se relaciona con bajos niveles de  $VO_2$ , el proceso de envejecimiento y la preservación de la salud cardiovascular, pulmonar y muscular están trabajando a un ritmo diferente. Debido a la influencia del  $VO_2$  en la aptitud cardiorrespiratoria, la calidad de vida, la enfermedad cardiovascular y la mortalidad por cualquier causa, el interés se ha dirigido a descubrir los cambios relacionados con la edad en el  $VO_{2max}$ . (Liang & Hsing, 2014)

El aumento del  $VO_{2max}$  se asocia con una disminución en la incidencia de una serie de enfermedades relacionadas con el estilo de vida, incluyendo cáncer de mama, colon, y de próstata, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo II, y la enfermedad de Alzheimer entre otras. Para (Radak, Zhao, Koltai, Ohno, & Atalay, 2013), la capacidad de realizar las actividades de la vida diaria generalmente requiere una condición aeróbica  $> 18 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . El  $VO_2$  pico típico de una octogenaria femenina es de 12 a 15  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , muchos de estos individuos están peligrosamente cerca del umbral para la pérdida de la independencia funcional (Fleg, 2012). Para los hombres y mujeres de edad entre 65 y 85 años, la participación en programas de ejercicio aeróbico de baja intensidad mejora el  $VO_2$ . (Liang & Hsing, 2014), La evidencia actual apoya la disminución del 10% por década en el  $VO_{2max}$  en los hombres y mujeres a partir de los 30 años de edad (Hawkins & Wiswel, 2013). El ejercicio de alta intensidad puede reducir esta pérdida de hasta un 50% en los jóvenes de mediana edad. La pérdida relacionada con la edad del  $VO_{2max}$  parece no ocurrir de manera lineal, está asociada con la disminución de la actividad física. Individuos atléticos demuestran un descenso al disminuir o cesar la actividad física (Hawkins & Wiswel, 2013). Se produce una disminución drástica en la

capacidad funcional del sistema CV en avanzada edad, a los 75 años, más de la mitad del  $VO_{2max}$  se ha perdido, y adultos mayores comúnmente demuestran valores de  $VO_{2max}$  inferiores a los requeridos para muchas actividades cotidianas de la vida diaria.

En atletas la pérdida es menor, llega al 6%, otros estudios muestran disminución en atletas del 5 a 7 % por década, algunos estudios muestran 15 a 20% por década en sedentarios. A un grupo de atletas con promedio de edad 68,4 años se hizo seguimiento, experimentaron una pérdida del 20% por década en los primeros años del estudio después del cese de sus carreras deportivas, que normalizó a 10 % en la segunda década en la que los individuos estuvieron involucrados en los programas de actividad física mixtos. (Hawkins & Wiswel, 2013), en ese mismo estudio se demostró que los hombres que mantienen el volumen de entrenamiento y la intensidad experimentaron un descenso del  $VO_{2max}$  de 5,8 % por década, significativamente menor que los atletas que reducen la actividad y las personas sedentarias.

Numerosos estudios han demostrado que los atletas de resistencia, incluso los que están en sus 60 años y más, mantienen un  $VO_2$  pico considerablemente más alto que los compañeros de su misma edad, pero menos activos. El  $VO_2$  pico en los corredores de distancia de 60-80 años de edad fue 30 a 40% más alto que sus compañeros no entrenados, su capacidad aeróbica fue similar a la de los participantes 2-3 décadas más jóvenes (Fleg, 2012). La posibilidad de estas personas para aumentar su capacidad aeróbica general tiene aún mayor importancia funcional debido a su baja capacidad funcional basal, los efectos del envejecimiento y la enfermedad cardíaca superpuesta. Sin embargo, los datos importantes han demostrado que después de un evento coronario, los pacientes mayores de 70 años de edad obtienen aumentos similares en la capacidad funcional y la mejora de los factores de riesgo en los programas de rehabilitación cardíaca tradicionales, comparados con sus contrapartes más jóvenes.

El ejercicio físico es el estímulo fisiológico más importante para el aumento de la demanda de oxígeno del miocardio ( $MVO_2$ ). Aumenta el gasto cardíaco, con incrementos en los tres determinantes principales de la demanda miocárdica de oxígeno: la frecuencia cardíaca, la contractilidad miocárdica, y el trabajo del ventrículo izquierdo (Duncker & Bache, 2012). El aumento de aproximadamente seis veces en las demandas de oxígeno del ventrículo izquierdo durante el ejercicio intenso se suple principalmente mediante el aumento del flujo sanguíneo coronario (5 a 6 veces), la extracción de oxígeno en reposo es 70 a 80 %, aumenta sólo modestamente en ejercicio. (Duncker & Bache, 2012)

El aumento de la frecuencia cardíaca disminuye el tiempo de diástole, Teniendo menos tiempo de nutrición el cardiomiocito. El ejercicio físico se asocia con adaptaciones en la microvasculatura coronaria incluyendo aumento de la densidad y diámetros de arteriolas, que proporcionan la base morfo fisiológica para el aumento observado en las tasas de flujo sanguíneo coronario en las personas entrenadas físicamente. Igualmente la formación de nuevos capilares, mantiene la densidad capilar en un nivel acorde con el grado de hipertrofia miocárdica fisiológica inducida por el ejercicio. El ejercicio físico aumenta la vasodilatación dependiente del endotelio en toda la microcirculación coronaria. Esta capacidad de respuesta mejorada parece ser el resultado principalmente de un aumento de la expresión de óxido nítrico (NO) sintetasa, con aumento del NO, que es un potente vasodilatador. El acondicionamiento físico disminuye las fuerzas de compresión extravascular en reposo y en niveles comparables de ejercicio, debido principalmente a una disminución de la frecuencia cardíaca. (Duncker & Bache, 2012)

El trabajo miocárdico depende de la presión arterial sistólica, y la FC, toda actividad que produzca disminución de la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica va a disminuir el  $MVO_2$ , el ejercicio físico tiene la capacidad de disminuir ambos parámetros. (Jensen, Suadicani,

Hein & Gyntelberg, 2013)

Por indagaciones realizadas y por conocimiento propio, en los programas de promoción y prevención que existen en algunas IPS de Bucaramanga, donde se tratan a los pacientes hipertensos, tales como nueva EPS, Coomeva, Saludcoop, Colsanitas, entre otras, no cuentan con planes o programas estructurados de ejercicio físico, no hay profesionales que orienten dichas actividades, el personal de salud que atiende los programas se limitan a recomendarles la caminata diaria como mecanismo para aumentar la actividad física, es de suponer que no todos los pacientes cumplen dicha recomendación, y los que la cumplen la realizan como cada uno considera que debe hacerlo, la exigencia física es diferente, no tienen asesorías para su ejecución, por lo que los beneficios pueden ser parciales.

Teniendo en cuenta que la práctica regular de actividad física es un factor protector en el control de la HTA, y otros factores de riesgo, y también la manera más eficiente de aumentar el  $VO_{2max}$  y mejorar el  $MVO_2$ , se necesita cuantificar la duración, intensidad, la frecuencia, el tipo de actividad física, la progresión, para poder determinar la forma de realizarla y sus beneficios. Todos los factores que influyan sobre el  $VO_2$  y sobre el  $MVO_2$  van a afectar directamente la salud cardiovascular sea de manera positiva o negativa.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Qué incidencia puede tener la implementación de un plan de ejercicio físico sobre el  $VO_{2max}$  y el  $MVO_2$  en pacientes adultos mayores hipertensos, adscritos a la IPS CAJASAN Bucaramanga?

## **1.3 Justificación**

La ECV es la primera causa de muerte en todo el mundo, siendo la hipertensión arterial el factor de riesgo más importante para su desarrollo. La HTA predispone a la falla cardiaca, enfermedad coronaria, la enfermedad cerebro vascular y la enfermedad renal crónica. (Varela, 2007)

La inactividad física está asociada a la aparición de HTA. Las personas inactivas, tienen más tendencia a sufrir de HTA. Dada la alta incidencia de esta patología, se hace necesario realizar un tratamiento farmacológico adecuado para evitar sus complicaciones e incluir en el tratamiento la modificación de hábitos de vida, tales como: disminución de la ingesta de calorías en quienes tienen sobrepeso u obesidad, disminuir el consumo de sal, disminuir el estrés, adoptar o incrementar la práctica de ejercicio físico regular.

La Sociedad Española de Cardiología (2012), plantea, el ejercicio físico regular bien programado, reduce eficientemente la presión arterial (PA) y no solo ayuda a controlar las cifras tensionales, sino que puede mejorar el  $VO_{2max}$  y el  $MVO_2$ , produciendo vasodilatación coronaria, protegiendo de la isquemia miocárdica, de esta forma se produce mejoría de la aptitud física del individuo, sobre todo en la tercera edad, donde las personas se hacen más sedentarias, se pierde masa muscular y se gana tejido adiposo, se presenta una obesidad sarcopénica, al haber menos tejido muscular se pierde fuerza, al haber menos fuerza hay menor capacidad para hacer ejercicio, porque faltan fuerzas, este ciclo se repite, favoreciendo la obesidad, el sedentarismo y la sarcopenia (Caballero, 2009). Sabiendo el  $VO_{2max}$  de estos pacientes y su  $MVO_2$ , se puede mantener o mejorar con la práctica de ejercicio físico regular, de esta manera mejorar el riesgo cardiovascular, la calidad y expectativa de vida.

Los resultados de esta investigación aportan a la construcción de la evidencia que ha

demostrado los efectos favorables del ejercicio físico sobre el  $MVO_2$  y sobre el  $VO_{2max}$  en pacientes adultos mayores.

Si se aprovechan los efectos favorables del ejercicio físico en el control de la HTA, en la mejora del  $VO_{2max}$ , en el efecto sobre el  $MVO_2$  y el control de otros factores de riesgo cardiovascular, especialmente en pacientes adultos mayores de CAJASAN, se pueden disminuir costos en la atención de esta población, especialmente en exámenes paraclínicos, menos gastos en consulta médica, medicamentos, y hospitalizaciones, complicaciones agudas y crónicas, procedimientos diagnósticos y terapéuticos, además de mejorar la calidad y expectativa de vida, estos beneficios se pueden extrapolar a las otras EPS e IPS que cuentan con programas de riesgo cardiovascular, este modelo de atención basado en la prevención primaria, secundaria, o terciaria, disminuye costos, optimiza la utilización de recursos económicos, permite la redistribución de los recursos en salud, al disminuir la inversión en esta área, se recalibra el presupuesto hacia otras prioridades del sector.

## **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivo General.** Determinar el efecto de un plan de ejercicio físico sobre el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y sobre el consumo miocárdico de oxígeno ( $MVO_2$ ) en pacientes hipertensos adultos mayores adscritos a la IPS CAJASAN (Bucaramanga).

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar clínicamente la muestra de pacientes adultos mayores que participan en el estudio, antes y después de la intervención.
- Planificar un plan de actividad física para tratar a los pacientes adultos mayores objetos de estudio.
- Implementar un plan de actividad física para tratar a los pacientes adultos mayores objetos de estudio
- Evaluar el  $MVO_2$  y  $VO_{2max}$  de los participantes en el estudio, antes y después del plan de entrenamiento físico.
- Comparar los resultados del  $MVO_2$  y  $VO_{2max}$  en el grupo intervención y control, antes y después del plan de entrenamiento físico.

## CAPITULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Antecedentes

**2.1.1 Investigativos.** Se han realizado trabajos de investigación, como los de Tomoshige, Kei & Chika (1999); García, Mondragón, Morales, & Medina (2011) y (Pitanga & Lessa, 2010), donde se demuestran los beneficios del ejercicio físico sobre la HTA, los elaborados por De Miguel, Schweiger, De las Mozas, & Hernández (2011) y García-Martos, Calahorro, Torres, & Lara (2010), en los cuales se constata el beneficio del ejercicio físico sobre el  $VO_{2max}$  y el desarrollado por Rodríguez et al. (2010). En el que se evidencia el efecto del ejercicio físico en el  $MVO_2$ . A continuación de describen cada uno de ellos.

Tomoshige, et al. (1999), realizaron en la ciudad de Osaka, en el Japón, un estudio longitudinal, a 10 años de seguimiento donde demuestran el beneficio del ejercicio físico sobre las cifras de presión arterial (PA), y en la prevención de la aparición de la hipertensión arterial, se demostró que el hecho de caminar diariamente al trabajo, disminuyó la aparición de nuevos casos de hipertensión arterial, el efecto estaba en relación directa con la duración de la caminata. El grupo que caminaba menos de 10 minutos fue considerado el grupo control, los que caminaban de 10 a 20 minutos presentaron un riesgo relativo (RR) de 0.88 (IC de confianza de 95% 0,75 a 1,04) y los que caminaban más de 21 minutos disminuyeron el riesgo de desarrollar hipertensión arterial un 29 % (RR 0,71 IC 95% 0,52-0,97).

La doctora Morales (2012) citando a Nakanishi y Suzuki (2005), quienes estudiaron a 2548 varones de mediana edad los que no eran hipertensos y por supuesto no recibían

medicación para esta entidad. A todos los participantes del estudio se les realizó una estimación del gasto energético diario, y se les controló la presión arterial durante 7 años. Luego de ajustar los demás factores como: edad, cambios en IMC, consumo de cigarrillos y alcohol, etc., se observó que el riesgo de desarrollar hipertensión arterial estuvo inversamente relacionado con el gasto energético diario. Los de mayor consumo energético diario presentaron una reducción de riesgo de 46 % (IC del 95%),  $P < 0,001$ .

(García, Mondragón, Morales, & Medina, 2011) desarrollaron en un municipio del estado de México un programa de actividad física con música a 110 pacientes adultos, 99 mujeres, de las cuales el 81,8% eran amas de casa y 11 hombres, Los participantes efectuaban caminata diariamente, el promedio de edad fue de  $62.18 \pm 10.18$  años. Fue un estudio cuasi experimental, pre y postest sin grupo de control. Se realizaron sesiones de 2 horas, 2 veces por semana durante 10 semanas, para un total de 20 sesiones. La parte central, (ejercicio aeróbico con baile comúnmente llamado zumba, con música variada, como: cumbia, rock, salsa, tango, y danzones). Intensidad del 70% de la frecuencia cardiaca. Vuelta a la calma: ejercicios de relajación y reposo. Para el análisis de datos se utilizó como prueba de significación  $X^2$  con valor de  $p \leq 0,05$ . Después de la intervención, la presión arterial sistólica mostró disminución significativa en 8.28 mm Hg y la presión diastólica 4.72 mm Hg en el grupo en estudio.

(Pitanga & Lessa, 2010), realizaron en la ciudad de Bahía en Brasil, un trabajo donde se evidenció que la presión arterial sistólica y diastólica tiene asociación inversa con la actividad física en el tiempo libre (AFTL), a más AFTL menor presión arterial, sin distingo de género o estrato socio económico. Se tomó una muestra de 2.292 adultos con edad entre 20-94 años, siendo 1.021 del sexo masculino y 1.271 del sexo femenino. Tomada de manera probabilística por conglomerados y estimada con base en prevalencia de hipertensión arterial de 25,0%, nivel

de confianza de 95,0% y error de delineamiento de 2,0%.  $P < 0,05$ .

En España, (De Miguel, Schweiger, De las Mozas, & Hernández, 2011), realizaron una investigación cuasi-experimental con grupo de control no equivalente y dos condiciones (entrenamiento vs. no entrenamiento) en una empresa con 105 trabajadores, de los cuales participaron 92 personas (87.6%) de forma voluntaria. De los 92 participantes, 56 (60.9%) eran hombres y 36 (39.1%) mujeres. El rango de edad fue de 23 a 57 años (Media = 31.64; Desviación Estándar = 6.43). La condición de entrenamiento consistió en la participación en el programa de mejora de la condición física y la de no entrenamiento entrañaba no participar en el programa. La asignación a uno u otro grupo fue decisión de cada persona, el proyecto está dirigido a todos los trabajadores y no se podía negar a ninguno la participación, de los 92 participantes en el estudio, 53 participaron en el programa de entrenamiento y 39 en el grupo control. El programa fue conducido y controlado por un profesional, licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, que diseñó el plan de trabajo de cada uno de los participantes, el que se basó en un trabajo global de la condición física, en el que se planificaron tareas enfocadas al incremento de la resistencia cardiovascular, la fuerza y la flexibilidad. El trabajo de resistencia constaba de 3 a 4 sesiones de 40 minutos de ejercicio aeróbico continuo a la semana. Cada participante elegía el tipo de actividad que más se adecuaba a sus necesidades e intereses (marcha, carrera, natación, ciclismo). Se reguló la intensidad del ejercicio para alcanzar el 60%-80% de la frecuencia cardiaca de reserva, teniendo en cuenta la frecuencia cardiaca en reposo y la frecuencia cardiaca máxima, además del nivel previo de resistencia aeróbica. Todos los participantes controlaban su intensidad de trabajo aeróbico con la utilización de un pulsómetro. El  $VO_{2\text{máx}}$  se obtuvo mediante el Test de la milla de Rockport. Se hizo control del  $VO_{2\text{máx}}$  a los 6 meses encontrando mejoría del 7%, y al año, encontrando que había mejorado 14.6%, en el

grupo estudio,  $p < 0,01$ .

(Rodríguez et al., 2010), realizaron en el municipio de Cifuentes en Cuba, un estudio cuasi experimental con el objetivo de desarrollar un programa de ejercicios físicos para lograr beneficios en la función cardiovascular y alivio del dolor. Las enfermedades prevalentes fueron: hipertensión arterial, cardiopatía isquémica crónica, insuficiencia cardíaca, hipercolesterolemia, diabetes mellitus y enfermedades del sistema osteomioarticular. Se seleccionó una muestra no aleatorizada, constituida por 20 pacientes mayores de 60 años de edad, conformada por 10 hombres y 10 mujeres con una edad promedio de 68,9 años, edad máxima de 76 años, y mínima de 60 años. Se realizó ejercicio físico aeróbico durante 3 meses, 3 veces por semana, 45 minutos por sesión, intensidad del 80% de FC máxima. Los criterios de inclusión en el estudio fueron: edad mayor de 60 años y presentar al menos dos patologías asociadas y como criterios de exclusión: La descompensación aguda de alguna de las enfermedades que padece, Ingreso hospitalario o domiciliario por cualquier causa.

Al analizar los resultados fue estadísticamente significativo el efecto positivo sobre el bienestar físico-psíquico, alcanzado por 19 de los 20 ancianos (95 %),  $\chi^2 = 24,1$   $p < 0,01$ ; se observa que 16 de ellos (80 %),  $\chi^2 = 15,4$   $p < 0,05$ , lograron el control de la tensión arterial y la frecuencia cardíaca, lo que disminuyó así el doble producto y el  $MVO_2$ , finalmente 15 de los pacientes (75,0 %),  $\chi^2 = 14,6$   $p < 0,05$ , confirmó alivio del dolor.

## **2.2 Bases Teóricas**

**2.2.1 Ejercicio físico y HTA.** La HTA es una patología de alta prevalencia en Colombia, sobre todo en personas de la tercera edad y se constituye en el factor de riesgo más importante

para producir enfermedad cardiovascular, siendo esta última la mayor causa de morbimortalidad. (Martínez, 2000)

El ejercicio físico reduce los niveles de PA y disminuye su incidencia, cuando la HTA es moderada, el ejercicio físico a corto tiempo (8 a 12 horas), disminuye la PA, una persona sedentaria tiene de 35 a 70% mayor riesgo de desarrollar HTA con relación a una persona activa. La actividad física puede disminuir la PA hasta un 10,5 mm de Hg la sistólica y 7,6 mm de Hg la diastólica tanto en hombres como mujeres, independientemente de la edad. (Aristizabal, 2006)

El ejercicio físico regular dilata los pequeños vasos sanguíneos de la microcirculación; en el músculo entrenado aparecen nuevos capilares (efecto de capilarización) la denominada circulación colateral, el efecto neto de estos cambios vasculares, es la reducción de la resistencia al paso de la sangre, lo cual permite la disminución de la presión arterial, también las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) disminuyen en la persona entrenada, favoreciendo igualmente la disminución de la PA, dado que el efecto directo de estas aminas sobre el corazón es el aumento de la fuerza y la frecuencia de la contracción muscular, los vasos sanguíneos se dilatan por tener una menor influencia de la noradrenalina cuyo efecto específico es la vasoconstricción periférica. (Fuster, 2007)

El ejercicio físico surge como una alternativa de tratamiento, en personas hipertensas. Hoy las sociedades médicas reconocen la importancia de la actividad física para la salud, el Comité Español Interdisciplinario para la Prevención Cardiovascular (CEIPC) realizó la adaptación española de la Guía Europea de Prevención de las Enfermedades Cardiovasculares 2008.

Esta guía tiene como objetivo prevenir la mortalidad y la morbilidad debidas a las ECV mediante el tratamiento de sus factores de riesgo en la práctica clínica. La guía hace énfasis en la

prevención primaria y en el papel del médico y el personal de enfermería de atención primaria en la promoción de un estilo de vida cardiosaludable, basado en el incremento de los grados de actividad física, la adopción de una alimentación saludable y, en los fumadores, el abandono del tabaco (Lobos & Royo, 2011). Existe mucha evidencia del beneficio del ejercicio en el tratamiento de la HTA (Byrd, 2015), en Estados Unidos, se plantea, si existe un amplio consenso sobre la importancia del ejercicio en el tratamiento de la hipertensión, ¿porqué los pacientes no son activos?, y se pregunta ¿los médicos recomiendan consistentemente ejercicio para sus pacientes hipertensos? ¿Prestan atención los pacientes de este consejo? Utilizando datos de una encuesta representativa a nivel nacional con casi 500.000 pacientes encuestados, se evaluó si se cumplía con la asesoría de ejercicio aeróbico y de resistencia recomendado por el United States Preventive Services Task Force (USPSTF) en español, el Grupo de Trabajo de Servicios Preventivos de Estados Unidos, en su guía de Actividad Física para Adultos, los resultados fueron: dos de cada cinco encuestados hipertensos informaron que los proveedores de atención de salud no habían recomendado el ejercicio (40%), 14,8 % fue aconsejado a hacer ambas pautas de ejercicios aeróbicos y de resistencia, un tercio (35%) reunió directrices de ejercicio aeróbico solamente, en contraste con el 7,2% que reunió las directrices de ejercicio de resistencia solamente, una pequeña cantidad no respondieron. Se encontró que los aconsejados para hacer ejercicio tenían más del doble de probabilidades de hacer ejercicio para el control de la presión arterial, que los no aconsejados. Menos de 1 de cada 10 pacientes hipertensos que habían sido asesorados para hacer ejercicios realizan ejercicio de resistencia dos o más veces a la semana, es decir no cumplen con las recomendaciones de la USPSTF. Otro dato interesante fue que los médicos que hacían algún deporte o hacían actividad física eran más propensos a recordar asesoramiento relacionado con el ejercicio en comparación con las personas que no hacen

ejercicio. El estudio no examinó las causas, pero se considera que puede haber diferentes motivos como que los médicos no tienen tiempo, no hay una formación médica en el tema, no hay suficiente claridad en las guías sobre recomendación del tipo de ejercicio para el hipertenso. No es posible discernir a partir de este estudio si el asesoramiento aumenta la adherencia al ejercicio. Pero la hipertensión es tan frecuente que incluso un modesto efecto de consejos sobre el comportamiento beneficiará a muchos pacientes. Los médicos están obligados a informar a sus pacientes hipertensos del beneficio del ejercicio físico para el control de su enfermedad y para su salud en general. (Byrd, 2015)

El ejercicio físico se debe prescribir como se formula un medicamento, y es tan importante como la intervención farmacológica para el control de algunas enfermedades, entre ellas, la HTA, a pesar de esto, en la actualidad en casi todas las escuelas de medicina del mundo, los estudiantes se dedican a aprender cómo prescribir medicamentos, a tratar las enfermedades agudas y crónicas, y muy raramente son instruidos sobre el valor de la prescripción del ejercicio y cómo hacerlo adecuadamente en diferentes condiciones médicas.

**2.2.2 Ejercicio físico y función endotelial.** El ejercicio físico produce mejora de la función endotelial. El endotelio ubicado en las paredes de los vasos sanguíneos, mantiene el tono vasomotor normal, favorece el fluido sanguíneo y regula el crecimiento vascular. Anormalidades en estas funciones contribuyen al proceso lesivo de muchas enfermedades incluyendo angina, infarto al miocardio, el vaso espasmo coronario e hipertensión arterial periférica. (Fuster, 2007)

El endotelio es el responsable de la homeostasis de la pared vascular, tiene función de antiagregación plaquetaria, antitrombótico y ayuda a mantener el flujo sanguíneo. Es necesaria la existencia de un endotelio sano para que se produzca la respuesta normal de dilatación vascular,

a través de la secreción de sustancias relajantes vasculares como: óxido nítrico (NO), prostaciclina y péptido natriurético C (también conocida como hormona natriurética atrial). En condiciones normales, el equilibrio entre vasodilatación y vasoconstricción, tiende hacia la vasodilatación y se mantiene así por efecto de las sustancias ya mencionadas ayudando a regular la presión sanguínea periférica. (Fuster, 2007)

Al realizar ejercicio físico se mejora la función endotelial. Al producir estrés de fricción sobre el endotelio, lo que hace que libere óxido nítrico (NO), el cual es un potente vasodilatador, teniendo como consecuencia efecto hipotensor. También existen cambios en la estructura vascular como el incremento en la longitud y diámetro de las arterias y venas existentes, en adición al crecimiento o formación de nuevos vasos. Los sujetos con entrenamiento físico regular, tienen un mayor diámetro intraluminal de las arterias comparado con sujetos sin entrenamiento. (Fuster, 2007)

**2.2.3 Ejercicio físico y otros factores de riesgo cardiovascular.** Los beneficios del ejercicio sobre la morbimortalidad cardiovascular van más allá del descenso de las cifras de presión arterial, dado que actúa simultáneamente eliminando el sedentarismo que es un factor de riesgo en sí mismo, disminuyendo los triglicéridos y elevando el colesterol de alta densidad, (HDL), de sus siglas en inglés (High Density Lipoprotein), disminuyendo la oxidación de las partículas de colesterol de baja densidad, (LDL), por sus siglas en inglés (Low Density Lipoprotein), aumentando la sensibilidad a la insulina, contribuyendo a lograr y mantener un peso corporal adecuado, disminuyendo la agregabilidad plaquetaria, estimulando la fibrinólisis, aumentando la producción de NO, contribuyendo al normal funcionamiento del endotelio, disminuyendo la rigidez arterial y mejorando la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

Los pacientes con mejor aptitud cardiorrespiratoria presentan una menor prevalencia de aterosclerosis carotídea que los sedentarios, menor incidencia de accidente cardiovascular y de infarto de miocardio no fatal (Morales, 2012). El ejercicio físico tiene efecto protector sobre la enfermedad coronaria, las personas entrenadas aumentan las probabilidades de sobrevivencia luego de un infarto al miocardio (IAM), el entrenamiento de resistencia disminuye la morbimortalidad en pacientes con enfermedad coronaria manifiesta, igualmente ayuda a controlar la obesidad, la intolerancia a la glucosa, la insensibilidad a la insulina, la HTA, disminuye los niveles de lípidos sanguíneos en sujetos normolipidémicos, así mismo se demuestra aumento del HDL colesterol y disminución de los niveles de triglicéridos plasmáticos.

El ejercicio físico mejora el estado de hipercoagulabilidad. La visión tradicional ha sido que el trombo embolismo venoso (TEV) es una enfermedad vascular completamente separada de la enfermedad arterial coronaria. Sin embargo, la información actual que surge de los datos disponibles de la investigación clínica y de la práctica asistencial indica que los sistemas venoso y arterial comparten más similitudes que diferencias. El TEV comparte similares factores de riesgo y fisiopatología con la atero-trombosis y la enfermedad arterial coronaria. El concepto emergente es que el TEV es parte de un síndrome pan-vascular, que abarca a la enfermedad arterial coronaria, la enfermedad arterial periférica y la enfermedad cerebrovascular. Los factores de riesgo comunes incluyen obesidad, hipertensión arterial, diabetes mellitus, tabaquismo, hipercolesterolemia, y el síndrome metabólico. El ejercicio físico también contribuye a su prevención (Goldhaber, 2012). Uno de los factores de riesgo para el desarrollo de TEP es el reposo en cama, por lo cual la movilización de manera precoz en pacientes posquirúrgicos, activa la circulación, mejorar la hemorreología y se reduce el riesgo de tromboembolismo pulmonar

(TEP) y TVP, así como el riesgo de infarto al miocardio. El sustrato fisiopatológico común es la inflamación, la hipercoagulabilidad y el daño endotelial. (Goldhaber, 2012)

**2.2.4 Ejercicio físico y  $VO_2$ .** El consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) es la magnitud biológica que manifiesta y evalúa la capacidad aeróbica, es igual al gasto cardíaco por la cantidad de  $O_2$  extraído a nivel periférico, es el parámetro que se utiliza habitualmente en la valoración del rendimiento cardiocirculatorio. Corresponde al volumen de  $O_2$  que el cuerpo consume y se relaciona con el metabolismo de la persona en determinadas condiciones fisiológicas, mientras que el  $VO_{2max}$  representa la máxima capacidad de  $O_2$  transportada y utilizada por el metabolismo celular de los diferentes órganos y sistemas de una persona cuando esta realiza un ejercicio máximo.

La utilización de oxígeno en los procesos oxidativos durante el ejercicio depende de los siguientes procesos fisiológicos: ventilación pulmonar, difusión alveolo capilar, gasto cardíaco y su redistribución, diferencia arteriovenosa de  $O_2$  y de las variaciones fisiológicas del  $O_2$ . El  $VO_{2max}$  es el producto del gasto cardíaco por la diferencia A-V de  $O_2$  en el esfuerzo límite:  $GC \times dif\ A-V\ O_2 = (FC \times VS) \times dif\ A-V\ O_2$  donde GC es gasto cardíaco, dif A-V  $O_2$  es diferencia arteriovenosa de oxígeno, FC es frecuencia cardíaca, VS es volumen sistólico. (Fuster, 2007). El  $VO_2$  depende de la constitución genética, la masa muscular en movimiento, la edad, el sexo, la motivación y el entrenamiento, a mayor masa muscular implicada en el entrenamiento mayor  $VO_2$ , con el ejercicio se mejora el  $VO_2$ , pero no más allá de un 30 a 40%. (Fuster, Ross, & Topol, 1997)

El ejercicio físico aeróbico conlleva hipertrofia excéntrica del ventrículo izquierdo con mejoría de su función, aumento del tamaño de la cavidad del ventrículo izquierdo, de las

coronarias y de la relación capilar/fibra, la isquemia miocárdica es un estímulo para el desarrollo de colaterales, el ejercicio físico incrementa el desarrollo de nuevos vasos, los resultados hemodinámicos del ejercicio físico incluyen: aumento del  $\text{VO}_2$ , al aumentar el volumen sanguíneo total. Al aumentar el gasto cardiaco, existe mayor oferta de oxígeno al musculo para el desarrollo de su función, el ejercicio físico produce hipertrofia en el musculo esquelético, aumenta la masa muscular, al haber mayor masa muscular y más oferta de sangre por el corazón se aumenta el  $\text{VO}_2$  durante la realización de ejercicio aeróbico.

El  $\text{VO}_2$  se calcula usando aparatos que miden la concentración de oxígeno en arterias y en venas, la diferencia en estas concentraciones es el oxígeno consumido por las células, este método es invasivo, necesita alta tecnología, es costoso, existe otro método no invasivo que usa equipos analizadores de gases, los que miden la concentración de oxígeno en el aire inspirado y en el aire espirado, la diferencia corresponde al oxígeno consumido por las células, además mide el  $\text{CO}_2$  producido en el proceso de combustión, este método sigue siendo costoso, por lo que resulta más práctico, económico y con buena confiabilidad la medición de manera indirecta, con pruebas de laboratorio o de campo, utilizando un modelo matemático, está al alcance de una población mayor.

Existen protocolos para medir el  $\text{VO}_2$  en el laboratorio, con pruebas de esfuerzo, que están estandarizadas a nivel internacional tales como el Bruce, Bruce modificado, Naughton, cornell, están diseñados con velocidad, % de inclinación y tiempo, de tal manera que el programa cambia automáticamente la velocidad de la banda y el porcentaje de inclinación al transcurrir el tiempo que está programado, en el protocolo de Bruce y Bruce modificado se cambia cada tres minutos, en todos los protocolos la prueba la detiene el operador al llegar la persona a su máximo esfuerzo, donde no puede continuar con el ejercicio, por cansancio, dolor precordial, disnea.

También se puede hacer prueba submáximas, en pacientes de alto riesgo para enfermedad cardiovascular, pos infarto, donde no conviene llevarlo a un esfuerzo máximo, estas pruebas se hacen en cardiología o en medicina deportiva, las indicaciones más comunes de estas pruebas son:

- Diagnóstico de enfermedad coronaria, en pacientes con la probabilidad de tener cardiopatía coronaria.
- Estratificación de riesgo en pacientes con enfermedad coronaria probable o conocida, como primera evaluación para determinar aquellos pacientes de alto riesgo que deben ir a estudio posterior con coronariografía y los pacientes que han cambiado en forma significativa su estado clínico.
- Después de un infarto agudo al miocardio (IAM): para evaluación pronóstica, prescripción de actividad física o incorporación a un programa de Rehabilitación Cardíaca y evaluación de terapia médica.
- Post revascularización miocárdica (angioplastia coronaria o cirugía de by pass coronario): si reaparecen síntomas sugerentes de isquemia y para prescripción de actividad física o incorporación a un programa de Rehabilitación Cardíaca.
- Pacientes asintomáticos sin enfermedad coronaria conocida con múltiples factores de riesgo hombres >40 años y mujeres >50 años previo a entrenamiento físico con alto riesgo de enfermedad coronaria por otras patologías.
- Sujetos con enfermedad laboral de riesgo.
- Pacientes valvulares: para evaluar capacidad de ejercicio.
- En deportistas en personas no deportistas para determinar su capacidad funcional, su condición física, la evolución en los planes de entrenamiento. (Angelino & cols., 2010)

En reposo el  $VO_2$  de todo el organismo en su conjunto es de alrededor de  $300 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ , equivalente a  $3.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  en valores relativos al peso corporal (índice de metabolismo basal), que es el equivalente a 1 MET o unidad metabólica que refleja el gasto energético que precisa el organismo para mantener sus constantes vitales. (Lavalle, 2010)

Algunas cifras resultantes de mediciones en sujetos sedentarios revelan que estos tienen un  $VO_{2\text{max}}$  entre  $20\text{-}30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , estos valores pueden aumentar con el ejercicio moderado. En deportistas se encuentran valores por encima de los  $40 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  no siendo normal valores por encima de los  $90 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . (Lavalle, 2010)

El  $VO_{2\text{max}}$  es afectado por la edad, sexo, nivel de ejercicio, las enfermedades, aspectos genéticos y otros factores, un  $VO_{2\text{max}}$  menos de 5 METs ( $17,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) conlleva un mal pronóstico, en tanto que 10 METs ( $35 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), se considera un nivel de buen estado físico y se asocia a un pronóstico favorable desde el punto de vista de morbilidad cardiovascular. (Lavalle, 2010)

El envejecimiento en personas sedentarias conlleva una disminución del  $VO_{2\text{max}}$  de más o menos un 10% cada 10 años, es decir 1% por año a partir de los 30 años de edad, cuando el sujeto es activo la pérdida es del 5% cada 10 años, lo que significa reducción a la mitad. Da la impresión que esta pérdida es biológicamente inevitable, pero se podría considerar que un 50%, es producto del desuso. Existen factores asociados que pueden explicar tal situación tales como la disminución de la capilarización, disminución del gasto cardíaco, disminución de la función respiratoria. (Delmonte, 2008)

En el adulto mayor es importante medir el  $VO_{2\text{max}}$ , debido a que da cuenta de la salud cardiovascular y respiratoria, si se descarta patología respiratoria, un bajo  $VO_{2\text{max}}$  sugiere

problemas cardiovasculares.

**2.2.5 Ejercicio físico y MVO<sub>2</sub>.** El corazón necesita energía para mantener sus estructuras y funcionalidad basal y para cumplir con su función, bombear sangre a los tejidos. El corazón debe realizar un cierto trabajo para empujar ese volumen de sangre hacia los tejidos en contra de una presión; resulta obvio que dicho trabajo está en relación directa con el volumen de sangre que debe desplazar y con la presión que debe superar, la demanda de oxígeno aumenta cuando aumenta el trabajo que el corazón debe desarrollar. (Kisner & Colby, 2005)

El MVO<sub>2</sub> es la medida del O<sub>2</sub> consumido por el miocardio, cuya necesidad o demanda está determinada por la frecuencia cardíaca, la tensión arterial, la contractilidad miocárdica y la poscarga, esta poscarga se determina mediante la tensión de la pared del ventrículo izquierdo y la presión contra la aorta, es la fuerza ventricular requerida para abrir la válvula aortica al comienzo de la sístole, la tensión de la pared del ventrículo izquierdo está dado sobre todo por el tamaño del ventrículo izquierdo y el espesor de la pared (Kisner & Colby, 2005). La capacidad para aportar O<sub>2</sub> al miocardio depende del contenido de O<sub>2</sub> en la sangre arterial (sustrato sanguíneo), la disociación de la oxihemoglobina y el riego sanguíneo coronario, que está determinado por la tensión diastólica de la aorta, la duración de la diástole, la resistencia de la arteria coronaria y la circulación colateral. (Kisner & Colby, 2005)

En la fórmula del trabajo cardíaco se encuentran las variables que pueden hacer que aumenten las necesidades de oxígeno del miocardio. En primer lugar, el volumen de sangre bombeado, que no es otro que el volumen minuto (VM), y en segundo lugar, la presión arterial sistólica. El VM depende del volumen de cada latido y de la frecuencia cardíaca. (Moreus & Macaya, 2007). El VM es el volumen al final de la diástole menos el volumen al final de la

sístole. El volumen al final de la diástole depende principalmente del retorno venoso (precarga) y de la rigidez de la pared ventricular (estrés de la pared). El volumen al final de la sístole depende de la capacidad de contracción del músculo cardíaco (contractilidad). Por tanto, las cuatro variables que influyen directamente en el trabajo y el consumo de oxígeno del corazón son: frecuencia cardíaca, presión sistólica, estrés o tensión de la pared del ventrículo y contractilidad miocárdica. (Moreus & Macaya, 2007)

La contractilidad miocárdica y el estrés de la pared son de difícil medición. El consumo de oxígeno por minuto en el corazón es proporcional a un índice de tensión-tiempo por minuto, que corresponde a la presión sistólica media multiplicada por la duración de la sístole y por la frecuencia cardíaca. Por estos motivos, en la práctica clínica habitual se utiliza el denominado doble producto, resultado de la multiplicación entre la frecuencia cardíaca y la presión sistólica. El valor normal promedio en reposo es de  $6 \text{ a } 8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100\text{gr}^{-1}$  de tejido miocárdico. Cuando se realiza ejercicio se aumenta el consumo de oxígeno a expensas de vasodilatación coronaria, la que aumenta hasta seis veces (Dvorkin, Cardinali, & Lermoli, 2010). La medición del doble producto es útil para valorar de una forma objetiva los resultados de los distintos tratamientos sobre el umbral de isquemia. (Moreus & Macaya, 2007)

El ejercicio físico, el estrés psíquico y todas las situaciones en las que están elevadas las catecolaminas circulantes incrementan la demanda de oxígeno, modificando algunas de las variables mencionadas. Es necesario destacar de todo lo mencionado anteriormente que la frecuencia cardíaca probablemente sea la variable más importante en la determinación de las demandas de oxígeno por el miocardio y por tanto, su control adecuado debe ser un objetivo fundamental en el tratamiento de los pacientes con enfermedad isquémica, independiente de su

edad (Moreus & Macaya, 2007). En los pacientes adulto mayor, este factor es mucho más importante, debido a que ellos están más predispuestos a padecer de enfermedad coronaria.

El aporte miocárdico de  $O_2$  viene dado por el producto del flujo coronario y el contenido de  $O_2$  de la sangre arterial, el  $MVO_2$  corresponde a la fracción de  $O_2$  aportado que se extrae a lo largo de la circulación coronaria, el suministro de  $O_2$  disponible para el miocardio es igual al producto del aporte coronario de  $O_2$  y la extracción máxima de  $O_2$  por parte del miocardio (Fuster, Ross, & Topol, 1997). En condiciones de reposo, el flujo sanguíneo coronario hacia el miocardio ventricular izquierdo es de  $0,8 \text{ ml} \cdot \text{gr}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , en condiciones de máxima vasodilatación coronaria, el flujo puede aumentar de 5 a 6 veces, siendo este el mecanismo predominante por el que el suministro de  $O_2$  puede aumentar por encima de los valores basales. Por el contrario la capacidad de aumentar la extracción de  $O_2$  es bastante limitada, ya que el 75% de  $O_2$  se extrae en condiciones de reposo, por encima de la extracción de cualquier otro órgano, durante el ejercicio la extracción coronaria de oxígeno puede llegar al 90% en condiciones de máximo ejercicio, el  $MVO_2$  en un individuo normal aumenta hasta 5 a 6 veces el valor basal, principalmente gracias al aumento del flujo coronario y secundariamente al aumento de la extracción de oxígeno coronario. (Fuster et al., 1997)

El miocardio posee una elevada tasa metabólica sujeta a rápidas y amplias fluctuaciones, como durante el ejercicio intenso, puesto que depende casi exclusivamente del metabolismo aeróbico para la síntesis de adenosin trifosfato (ATP), la circulación coronaria ha de adaptarse para proporcionar  $O_2$  al miocardio en situaciones amplias y rápidamente cambiantes. (Fuster et al., 1997)

En las personas sanas se mantiene un equilibrio entre el aporte y las demandas de  $O_2$  del miocardio durante un ejercicio máximo, cuando la demanda de  $O_2$  es superior al aporte se

produce isquemia miocárdica. Como el miocardio extrae entre el 70 al 75% del O<sub>2</sub> de la sangre en reposo, su fuente principal de aporte durante el ejercicio es el aumento del riego coronario.

El primer sustrato metabólico del corazón son los ácidos grasos, el metabolismo de la glucosa (glucólisis y oxidación de la glucosa) solo contribuye en 1-5 % del abastecimiento del ATP en el corazón aeróbico normal, los ácidos grasos necesitan 11% más de O<sub>2</sub> que la glucosa, para obtener la misma cantidad de ATP. Los ácidos grasos inhiben la degradación de la glucosa, a su vez la glucosa inhibe la degradación de ácidos grasos. En la isquemia no hay aumento del flujo sanguíneo coronario, se disminuye el O<sub>2</sub>, se consume glucosa, se produce lactato y puede llevar a necrosis tisular. (Dvorkin, Cardinali, & Lermoli, 2010)

Cuando se realiza ejercicio físico en un paciente que presenta estenosis y/o rigidez de arterias coronarias, el miocardio demanda más sangre, mas O<sub>2</sub>, la forma de suplirlo es por vasodilatación de las coronarias, pero estas no pueden por la estrechez de su luz, la extracción de O<sub>2</sub> está en su máxima capacidad, si persiste la realización del ejercicio, se produce un desbalance entre el aporte y la demanda de oxígeno al miocardio, se produce isquemia. Esta es la razón por la cual el ejercicio físico desarrolla isquemia miocárdica, produce angina de pecho, en pacientes con enfermedad aterosclerótica coronaria y como el reposo puede mejorar, por menor demanda de oxígeno.

Lo anterior no significa que el paciente coronario no pueda realizar ejercicio físico, se debe determinar la capacidad funcional de cada individuo, no llevarlo a esfuerzos que impliquen mayor demanda de oxígeno por el miocardio, mantenerlos en una zona de seguridad subisquémica, esto favorece la vasodilatación coronaria y la formación de colaterales, de tal manera que el paciente cada día pueda realizar ejercicios de mayor intensidad y duración.

Los cambios en el volumen sistólico alteran el MVO<sub>2</sub>, cualquier cambio en la actividad

miocárdica que afecte la generación de fuerza por los miocitos o la fracción de contracción, altera el  $MVO_2$ , por otra parte, en el metabolismo energético se requiere  $O_2$  por la resíntesis de ATP, el  $MVO_2$  es igual al flujo coronario por la diferencia arterio-venosa de  $O_2$ , el contenido de  $O_2$  arterial es de  $20 \text{ ml} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$  de sangre, esto es igual a  $0,2 \text{ ml} \cdot \text{ml}^{-1}$  de sangre. Si el flujo coronario es de  $80 \text{ ml} \cdot \text{minuto}^{-1}$  y la concentración de oxígeno arterial es de  $0,2 \text{ ml} \cdot \text{minuto}^{-1}$  y la concentración venosa  $0,1 \text{ ml} \cdot \text{minuto}^{-1}$ , el  $MVO_2$  en el flujo coronario será de  $8 \text{ ml} \cdot \text{minuto}^{-1} \cdot 100 \text{ gr de tejido}^{-1}$ , durante el ejercicio puede llegar a  $70 \text{ ml de } O_2 \cdot \text{minuto}^{-1} \cdot 100 \text{ gr de tejido}^{-1}$ . (De Laserna, 2010)

Se debe diferenciar el consumo de oxígeno corporal total ( $VO_2$ ) del consumo miocárdico de oxígeno ( $MVO_2$ ) porque son diferentes en sus determinantes y en las formas que se les mide o calcula. El  $VO_2$  es la cantidad de  $O_2$  que es extraído del aire inspirado, es utilizado por las células a medida que el organismo realiza un trabajo, para medirlo se necesitan analizadores de gases, pero puede calcularse de manera indirecta con las pruebas ergométricas graduadas de tal forma que cuando se aumenta el trabajo y no aumenta el  $VO_2$  se ha alcanzado el  $VO_{2\text{max}}$ . (Sociedad Española de Cardiología, 2012)

El  $MVO_2$  es la cantidad de oxígeno que necesita el corazón para realizar su trabajo, se mide colocando catéteres en arterias y senos coronarios y midiendo el contenido de oxígeno, sus determinantes incluyen tensión mural intramiocárdica (presión ventricular izquierda por volumen de fin de diástole), la contractilidad y la frecuencia cardíaca. Existe una forma incruenta, práctica y económica de medir el  $MVO_2$  y es por el cálculo del doble producto. Este se calcula tomando la presión arterial sistólica multiplicada por la frecuencia cardíaca. Cuando hay desequilibrio entre las necesidades metabólicas y el aporte de oxígeno al miocardio se produce la angina de pecho, un estado de perfusión donde es insuficiente para mantener sus necesidades metabólicas

(Sociedad Española de Cardiología, 2012). Situación que es muy frecuente en personas de la tercera edad y en pacientes hipertensos, de ahí la necesidad de medir estas variables en estos pacientes.

**2.2.6 Efecto protector del ejercicio físico del daño por isquemia-reperfusión.** El ejercicio físico per se o mediante la inducción de preconditionamiento isquémico (PI) genera adaptaciones moleculares de magnitud citoprotectora, con la expresión y modulación genética de un fenotipo cardioprotector que mitiga casi todos los mecanismos fisiopatológicos del daño por isquemia reperfusión (IR). Entre los mecanismos que el ejercicio induce para generar cardioprotección contra el daño por IR, parecen no ser esenciales la formación de colaterales, el incremento de proteínas de choque térmico, el incremento en la expresión de la ciclooxigenasa y el alto nivel de proteínas de estrés del retículo endoplásmico. Los mecanismos que han resultado ser condición sine qua non para esta protección, son el incremento de la protección antioxidante, los cambios en el metabolismo y la expresión proteica mitocondrial, el incremento en la expresión y la apertura de los canales de K<sup>+</sup> ATP mitocondriales y del sarcolema y la atenuación de la activación de las calpaínas por la IR. (Del Valle, Negroni & Lascano, 2003)

El incremento de la protección antioxidante generada por el ejercicio se debe a un incremento en la expresión de las enzimas manganeso superóxidodismutasas (MnSOD) y cobre-zinc superóxidodismutasas (Cu-ZnSOD), la glutatión peroxidasa (GPX) y las catalasas (CAT). De las superoxidodismutasas conocidas como (SOD), la más importante es la MnSOD, y sólo se incrementa con ejercicios de alta intensidad. La MnSOD es esencial para la protección completa contra el infarto miocárdico y la taquicardia ventricular inducidos por IR. (Belziti, 2007)

Las mitocondrias cardiacas del subsarcolema e intermiofibrilares contribuyen en la

protección inducida por el ejercicio físico contra el daño por IR mediante algunas de las siguientes vías: la reducción en la producción de las especies reactivas de oxígeno (ROS) por las mitocondrias cardiacas; las mitocondrias son más resistentes a la apertura de los poro de transición de permeabilidad (PTP) mitocondriales inducida por el  $Ca_{2+}$ , lo que evita que se desencadenen potentes mecanismos apoptóticos; la inducción de una reducción en la expresión mitocondrial de la monoaminoxidasa A, que parece ser una fuente importante de estrés oxidativo. (Álvarez & Hernández, 2011)

La activación de los canales de  $K^+$  ATP mitocondriales atenúa la sobrecarga de  $Ca_{2+}$  y, por lo tanto, previene la apertura de los (PTP) mitocondriales y el daño que esto ocasiona, el mecanismo protector del ejercicio se asocia más con la apertura de los canales  $K^+$ ATP del sarcolema, que permiten una aceleración de la repolarización por incremento en la salida de  $K^+$  y un acortamiento de la duración del potencial de acción. Como resultado de este acortamiento, se previene la sobrecarga de  $Ca_{2+}$  por la reducción del tiempo de apertura de los canales de  $Ca_{2+}$  dependiente de  $Ca_{2+}$  con dos isoformas (calpaína I y calpaína II), que se activan por una exposición prolongada a niveles altos de  $Ca_{2+}$  en el citosol y contribuyen al daño por IR. La inhibición de la calpaína atenúa la disfunción contráctil inducida por IR y el ejercicio reduce la activación de la calpaína asociada a IR, porque mejora la protección anti oxidativa con incremento de la MnSOD y las CAT y previene la degradación de la SERCA<sub>2</sub> (sarco/endoplasmic reticulum  $Ca^{2+}$  - ATPase) en español adenosintrifosfatasa de calcio del retículo sarcoplasmico) y la fosfolamban,(proteína encargada de fosforilar a la SERCA<sub>2</sub>), mecanismos adaptativos que generan una reducción de la concentración de  $Ca_{2+}$  en el citosol y, por lo tanto, atenuación de la activación de la calpaína, que depende de  $Ca_{2+}$ . (Álvarez & Hernández, 2011)

Para lograr los efectos cardioprotectores mediante el ejercicio físico, la duración de una sesión de ejercicio debe ser de al menos 60 min, con una intensidad en que la frecuencia cardiaca de entrenamiento sea el 75% del consumo pico de oxígeno. Hay evidencias de que la cardioprotección contra el aturdimiento miocárdico inducida por el ejercicio persiste a los 9 días de haber cesado el entrenamiento y se pierde totalmente a los 18 días. (Álvarez & Hernández, 2011)

La realización de ejercicios a umbrales isquémicos incrementa la tolerabilidad miocárdica para enfrentarse a ulteriores situaciones de estrés isquémico prolongado, con la consiguiente reducción del daño miocárdico y el riesgo de sufrir taquiarritmias ventriculares letales. A partir de evidencias científicas, se considera segura la implementación de esta modalidad de rehabilitación cardiovascular (RC), que debe ser individualizada y con vigilancia electrocardiográfica estricta, para que, durante una sesión de entrenamiento de 60 min, el paciente alcance de forma intermitente el umbral isquémico y lo mantenga durante periodos > 90 s y < 5 min. (Álvarez & Hernández, 2011)

**2.2.7 Efecto de la inactividad física.** La inactividad física genera sobrepeso y obesidad, estas son entidades con alta prevalencia en la población general, especialmente en los adultos mayores, en todo el mundo, tanto en los países desarrollados; como en los países pobres, por el tipo de alimentación y la poca actividad física de la población, el sedentarismo es cada vez mayor empeorando el panorama, debido a que a mayor inactividad física mayor obesidad, la obesidad es generadora a su vez de otros cambios metabólicos y del estado de salud como diabetes, hipertensión arterial, dislipidemia (alteración de colesterol y triglicéridos en sangre), enfermedad coronaria. (American Collage of Sport Medicine, ACSM, 2011)

Existe hoy suficiente evidencia científica como para afirmar la existencia de una relación inversa entre nivel de actividad física y los factores de riesgo cardiovascular. Esta relación es más consistente cuando se trata de actividad física de vigorosa intensidad que cuando se trata de actividad física de menor intensidad. En cualquier caso, hay que señalar que cualquier nivel de actividad física es mejor que ninguna, pues, como mínimo, ayuda a regular el equilibrio entre la ingesta y el gasto energético (ACSM, 2011). Es claro que si se aumenta la actividad física se evita el sobrepeso y la obesidad y disminuye de esta forma la aparición o ayuda en el control de otras enfermedades como la hipertensión arterial, la diabetes, el aumento de colesterol, triglicéridos y la aparición de enfermedad coronaria.

La actividad física solo se traducirá en una mejor calidad de vida si es realizada en un marco de verdadero cuidado de la salud de cada persona y realizada a la medida de su capacidad física. Tal vez un error interpretativo ha considerado que la vida sedentaria, un reconocido factor de riesgo, debía tener su antídoto en un gimnasio y no en el concepto de vida activa, la cual constituye en sí un estilo de vida. En realidad, el sedentarismo es otro estilo de vida y la persona que en un día de 24 horas solo se ejercita durante minutos en las mañanas, tratando de hacer todo el ejercicio que no hará en el resto del día, ¿es un sedentario que hace ejercicio en las mañanas! Aun así, afortunadamente existen evidencias estadísticas que demuestran que incluso cortos periodos de tiempo —treinta minutos diarios de moderada actividad física, como caminar a paso rápido— son beneficiosos para la salud al reducir la magnitud del sedentarismo, con un efecto más notorio conforme se avanza en edad. Sin embargo, no hay ninguna duda que a mejor estado físico, mejor protección de la salud y menor riesgo relativo de muerte. Esto se observa en presencia de factores de riesgo y aun comparando personas sanas o enfermas. (Ballón & Gamboa, 2008)

La inactividad física es un factor de riesgo independiente para la morbimortalidad cardiovascular y la morbimortalidad general. En Australia se realizó un estudio que correlaciona la mortalidad versus tiempo de permanencia sentado al día, sea frente al computador, televisión, en la oficina, o cualquier otra condición, laboral o no, independientemente de si hacía o no actividad física (Van Der et al., 2012). Fue un estudio de seguimiento longitudinal, a 20 años, con un  $p < 0,05$ , para todos los parámetros estudiados, con una confiabilidad del 95%, se tomaron 222.497 personas adultas entre 30 a 60 años, se dividieron en grupos de acuerdo a la cantidad de horas de estar sentado al día, sin distingo de género, los grupos fueron los siguientes: un grupo con menos de 4 horas de estar sentado al día, otro entre 4 y menos de 8, otro entre 8 y menos de 11 y el último con 11 o más horas de estar sentado al día, se analizó tomando como referente la cantidad de actividad física al día, (un grupo sin actividad física semanal, otro entre 1 y 149 minutos de actividad física semanal, el otro entre 150 y 299 minutos de actividad física y el último grupo los que realizaban 300 o más minutos semanales). Los resultados fueron: los que están más tiempo sentado con menor actividad física semanal, la mortalidad fue mayor, mientras que los que permanecen menos tiempo sentado, con mayor nivel de actividad física disminuyó la mortalidad, es decir a mayor tiempo sentado mayor mortalidad, a menor actividad física, mayor mortalidad, la actividad física es factor protector mientras que estar mayor tiempo sentado es un factor de riesgo (Van Der et al., 2012). Como conclusión del estudio se estableció que se debe incentivar la actividad física y disminuir el tiempo de estar sentado, como política de salud pública.

**2.2.8 Capacidades biomotoras que se deben trabajar en las personas adultas mayores para mantener y mejorar su estado de salud.** Las capacidades biomotoras más

importantes que se deben trabajar para mantener o mejorar la salud de las personas mayores son: resistencia cardiovascular o aeróbica, fuerza, flexibilidad y el equilibrio.

**2.2.8.1 Resistencia cardiovascular o aeróbica.** El entrenamiento aeróbico reduce el riesgo de hipertensión, cardiopatía coronaria, accidente cerebrovascular, diabetes, ayuda en el control de los lípidos, previene el cáncer de mama y de colon, previene la depresión, favorece la no aparición de caídas; mejora la salud ósea y funcional, y es un determinante clave del gasto energético, y es por tanto fundamental para el equilibrio calórico y el control del peso. (O M S, 2010)

La frecuencia cardiaca (FC) disminuye con el ejercicio aeróbico, La FC es un factor de riesgo bien definido en estudios epidemiológicos. La FC basal se relaciona de forma directa con episodios isquémicos, muerte súbita, mortalidad cardiovascular y mortalidad por cualquier causa, tanto en pacientes con cardiopatía isquémica conocida como en la población normal. La reducción de la frecuencia cardiaca mediante entrenamiento físico puede ser útil para disminuir morbimortalidad. (Roncancio, 2010)

El ejercicio aeróbico regular logra mejorar la actividad vagal tanto en sujetos sanos como en pacientes con infarto agudo de miocardio y en diferentes estadios de la insuficiencia cardíaca congestiva. El papel esencial del entrenamiento físico no solo está en un mejor balance autonómico sino también en el gasto cardíaco durante la realización de la actividad física así como en la disminución de la mortalidad y la presencia de muerte súbita (Roncancio, 2010), el entrenamiento físico disminuye la frecuencia cardiaca, mejorando de esta forma el pronóstico en los pacientes igualmente mejora el pronóstico en la personas sanas.

El ejercicio físico aeróbico es capaz de bajar la presión arterial sistólica, y diastólica,

disminuir la frecuencia cardiaca, con ello disminuye el consumo miocárdico de oxígeno, sabiendo que el  $MVO_2$  es igual al doble producto=DP (FC x PA sistólica) por una constante (8,46/10000),  $MVO_2 = DP * 8.46 / 10000$ . (Gómez & Gómez, 2001), resulta lógico suponer que el ejercicio físico disminuye el consumo miocárdico de oxígeno, porque baja la presión arterial y disminuye la FC.

Se reconoce el preconditionamiento isquémico (PI) inducido por el ejercicio como un mecanismo cardioprotector potente, de utilidad dentro de los programas de rehabilitación cardiovascular (RC) en pacientes con enfermedad coronaria avanzada, en quienes la realización de ejercicios a umbrales isquémicos incrementa la tolerabilidad miocárdica para enfrentarse a ulteriores situaciones de estrés isquémico prolongado, con la consiguiente reducción del daño miocárdico y el riesgo de sufrir taquiarritmias ventriculares letales. (Álvarez & Hernández 2011).

Hambrecht y cols. (s.f., citado por Álvarez & Hernández, 2011), realizaron el primer estudio en humanos que evaluó el efecto de un programa de ejercicio físico aeróbico en la función endotelial coronaria, y encontraron que un programa de 4 semanas con ejercicios aeróbicos mejoró la función coronaria y que ese efecto se perdió parcialmente después de 5 meses de haber designado a los pacientes a un programa de menor intensidad en sus casas.

El estrés de cizallamiento laminar generado por el ejercicio produce estímulos mecánicos en el citoesqueleto endotelial que se transforman en vías de señalización bioquímicas a nivel molecular que promueven una mejor función endotelial. (Álvarez & Hernández, 2011)

Las actividades aeróbicas leve son: caminar a paso lento, cocinar, barrer, trapear, limpiar, lavar los platos, planchar, las actividades moderadas incluyen caminar enérgicamente, nadar, bailar y andar en bicicleta. Las actividades aeróbicas altas o rigurosas incluyen subir escaleras o cerros, trotar, remar, nadar vueltas continuas en la piscina y andar en bicicleta cuesta arriba.

Las recomendaciones de ejercicio físico aeróbico para los adultos mayores según la OMS son las siguientes:

- Los adultos de 65 años en adelante deben hacer 150 minutos semanales de actividades físicas moderadas aeróbicas, o bien algún tipo de actividad física vigorosa aeróbica durante 75 minutos, o una combinación equivalente de actividades moderadas y vigorosas.
- La actividad se practicará en sesiones de 10 minutos continuos como mínimo, acumulando 30 minutos diarios.
- A fin de obtener mayores beneficios para la salud, los adultos de este grupo de edades deben dedicar hasta 300 minutos semanales a la práctica de actividad física moderada aeróbica, o bien 150 minutos semanales de actividad física aeróbica vigorosa, o una combinación equivalente de actividad moderada y vigorosa. (O M S, 2010)

Para saber la intensidad del ejercicio aeróbico se usa una guía práctica, el test de cantar y hablar. Si se es capaz de cantar o mantener una conversación mientras se ejercita, es un ejercicio o trabajo leve, si el esfuerzo es mayor, no es capaz de cantar, se mantiene una conversación , pero con alguna dificultad, la voz en algún momento será entrecortada, esta actividad será moderada, y cuando no se puede hablar y hay jadeo, se queda sin aliento, es una actividad vigorosa, igualmente existe una escala subjetiva de percepción de la actividad física, la denominada escala de Borg, la original la calificación va de seis a veinte, es mucho más practica la modificada, con rango de cero a diez, se hace la interpretación de la siguiente forma :calificación de cero a dos es leve, de tres a seis es moderada y de siete a diez es vigorosa, el mayor beneficio cardiovascular se obtienen con actividades moderadas o vigorosas.

**2.2.8.2 Trabajo de fuerza.** Es innegable que con la edad se pierde masa muscular, pero es muy difícil distinguir lo que es pérdida fisiológica de lo que es atrofia por inactividad. (Roig, 2002)

La disminución progresiva de la masa muscular así como la debilidad que ocurre en los músculos con el envejecimiento, se revelan también como un componente importante que contribuye a la pérdida de dinamismo. Este deterioro es además causal de la merma de independencia en el anciano, de una mayor demanda de servicios sanitarios, aislamiento social, depresión y abandono. (Roig, 2002)

La atrofia muscular que se produce con el envejecimiento podría ser el resultado de la pérdida gradual y selectiva de fibras musculares. Estudios de biopsia muscular muestran que el número de fibras musculares en la sección media del vasto lateral es significativamente menor en hombres de entre 70 y 73 años, comparados con los hombres más jóvenes (entre 19 y 37 años). La disminución es más acentuada en las fibras musculares del Tipo II, las cuales disminuyen en promedio un 60% en los hombres sedentarios. (Roig, 2002)

La pérdida de fuerza asociada al envejecimiento resulta primariamente de la pérdida de la masa muscular que acompaña al envejecimiento y al desuso. Esta pérdida de masa muscular va asociada a un cambio en la composición corporal, pues aumenta el tejido graso en forma absoluta y porcentual. (Burgos, 2006)

Con el envejecimiento se nota una modificación en el porcentaje del tipo de fibras en el musculo, observándose un claro predominio de fibras lentas. Esto indica que el cambio está asociado al estímulo que recibe el musculo, ya que si los estímulos son adecuados esta preponderancia de fibras musculares lentas no ocurre en forma tan marcada y se incrementa la densidad de fibras rápidas. (Burgos, 2006)

Los adultos mayores con poca actividad pueden perder hasta 180 gramos de masa muscular al año. Esto empeora mientras la gente envejece. Pero incluso más temprano en la edad adulta, entre los 30, 40, 50 años, se puede comenzar a ver un deterioro si no realiza actividades para ganar fuerza, no importa la edad que la persona tenga, porque pueden mejorar su fuerza de manera importante con ejercicios progresivos, incluso a los ochenta y noventa años de edad. Maguey. (2012). La tomografía computarizada de los músculos de un individuo muestra que después de los 30 años se da una disminución en las áreas transversales del muslo, un descenso en la densidad muscular y un aumento en la grasa intramuscular. Estos cambios son más evidentes en las mujeres. (Roig, 2002)

La sarcopenia es la pérdida de masa muscular esquelética por envejecimiento y contribuye en gran medida a la discapacidad y la pérdida de independencia del anciano. En su etiopatogenia se incluyen diversos mecanismos tanto intrínsecos del propio músculo como cambios del sistema nervioso central, además de factores hormonales y de estilo de vida (Burgos, 2006). Los cambios intrínsecos del músculo incluyen una reducción en la proporción de fibras musculares rápidas, tipo II, y daño del ADN mitocondrial. En la médula espinal, se produce pérdida de unidades motrices alfa. Diversas hormonas y citosinas afectan a la función y la masa muscular. La reducción de testosterona y estrógenos que acompaña a la vejez aceleran la pérdida de masa muscular. La hormona de crecimiento también se ha implicado en la pérdida de masa magra corporal (Burgos, 2006). Aunque la sarcopenia no se revierte completamente con el ejercicio, la inactividad física acelera la pérdida de la masa muscular. Se han empleado diversos tratamientos: administración de testosterona, hormona de crecimiento, tratamiento nutricional y ejercicio físico. De todas las alternativas terapéuticas, sólo el ejercicio físico de fuerza ha demostrado eficacia en incrementar la masa muscular esquelética, combinado o no con

suplementación nutricional. (Burgos, 2006)

Un estudio realizado en atletas suecos mayores de 65 años demostró que únicamente aquellos que realizaban entrenamiento de potencia (levantamiento de pesas) eran capaces de mantener las características del músculo joven. Sin embargo los atletas que realizaban entrenamiento de resistencia tenían la misma hipertrofia muscular y un descenso similar de la capacidad enzimática que los individuos sedentarios. Mucho más claros son los efectos de la inactividad en ancianos en los que el nivel de fuerza está claramente disminuido. Se concluye así que la reducción de la fuerza muscular esta entonces condicionada por las limitaciones funcionales del sujeto. (Roig, 2002)

En los últimos 20 años ha cambiado la consideración sobre la importancia que la fuerza tiene en el mantenimiento de la capacidad funcional y autonomía de las personas mayores, ante la evidencia epidemiológica de la relación entre el nivel de fuerza que presentan las personas mayores y la morbimortalidad de estas, a menor fuerza mayor morbimortalidad (Arboleda, Patiño & De Paz, 2014). Cada día se implementan programas de actividad física donde se agregan ejercicios para mejorar la fuerza. En las dos últimas décadas se acuñó el término sarcopenia, los criterios diagnósticos fueron modificados en el 2010, no siendo suficiente la pérdida de masa muscular, sino que esta ha de acompañarse de merma de la fuerza o la performance. (Arboleda et al., 2014)

La participación en un programa de ejercicios es capaz de controlar y hasta evitar algunas de las enfermedades propias de la ancianidad. Es así que actividades de tipo aeróbicas y de fuerza son consideradas propicias para envejecer con una mejor calidad de vida. (Roig, 2002).

**2.2.8.3 Trabajo de flexibilidad.** La flexibilidad es la capacidad que tiene una articulación

para realizar movimientos con la máxima amplitud de movimiento (AM). Incluye tres aspectos importantes:

- **Movilidad articular:** arcos de movilidad que permite una articulación con las limitaciones óseas propias de la articulación.
- **Elasticidad muscular:** capacidad de los músculos para volver al punto inicial después de estirarse.
- **Elongación de músculos y ligamentos:** capacidad de las partes blandas de la articulación para aumentar la longitud sin que vuelvan a su forma inicial. (Alter, 2004)

Para el desarrollo de la flexibilidad se pueden hacer diferentes tipos de ejercicios; pero los más aconsejados en personas mayores son el stretching (estiramiento mantenido). El estiramiento puede ser utilizado para facilitar la relajación, el fundamento se basa en la fisiología del reflejo espinal. El estiramiento estático implica el estiramiento del musculo hasta el punto que el movimiento es limitado e impedido por su propia tensión, en ese punto el estímulo es sostenido, siendo mantenido por un periodo de tiempo prolongado, durante el cual se lleva a cabo la relajación y reducción de la tensión (Comité Nacional para el Adulto Mayor, CONAMA, 2012). La explicación de este fenómeno se da por:

- Los receptores del estímulo o husos musculares se vuelven insensibles y por consiguiente se adaptan al estiramiento, por ello queda neutralizado el reflejo de estiramiento.
- Cuando la tensión que proviene del estiramiento es lo bastante grande puede iniciarse el reflejo de inhibición autogenica, a su vez esta inhibirá al musculo sometido a estiramiento, en consecuencia la tensión del musculo decrecerá, facilitando la relajación.

- El músculo y el tejido conectivo poseen propiedades mecánicas que dependen del tiempo, es decir cuando es aplicada una fuerza constante se produce un deslizamiento o un cambio progresivo en la longitud y junto con la relajación de la carga se da una progresiva reducción de la tensión. (Comité Nacional para el Adulto Mayor, CONAMA, 2012)

La metodología para el trabajo de la flexibilidad debe cumplir una serie de normas generales que evitarán lesiones y daños en estructuras musculares y óseas. Esas normas son: evitar los ejercicios de estiramientos rápidos y con rebotes (balísticos); ser regulares en los ejercicios; al menos 2 ó 3 veces en la semana; mantener la posición entre 10 y 40 segundos dependiendo de la persona, tipo de ejercicio y musculatura implicada; repetir el estiramiento al menos 2 veces y 5 veces como máximo; las personas mayores deben hacerlo muy lentamente; calentar muy bien antes de hacer estiramientos. La sesión completa deberá durar 15 a 30 minutos, la elongación puede causar una incomodidad suave, pero nunca dolor. (Girón, 2010)

La Flexibilidad es la cualidad física que más se deteriora con la edad. En personas mayores, las extremidades inferiores y sobre todo los tobillos e isquiotibiales son los más afectados, también suelen ser los hombres los más perjudicados. La Flexibilidad debe ser bastante trabajada en las personas mayores, pues supone una nota importante en la calidad de vida. Casi todos los movimientos que se realizan a lo largo del día dependen de la flexibilidad. (Girón, 2010)

**2.2.8.4 Trabajo de equilibrio.** El equilibrio es la capacidad que permite controlar el cuerpo en el espacio, adoptando la posición del cuerpo a nuevas situaciones, depende de la información que el cerebelo recibe de las vías vestibulares, visuales y somato sensorial.

(Contreras, 2011)

El equilibrio va disminuyendo a medida que se avanza en edad, trayendo consecuencias graves, como las caídas, que pueden conllevar a fracturas, sobre todo de cadera, por eso el desafío de disminuir las caídas, y las fracturas por medio de la actividad física para mantener la mayor independencia y funcionalidad

### **2.3 Variables**

Variable Dependiente: HTA, Consumo máximo de Oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y Consumo Miocardio de Oxígeno ( $MVO_2$ ).

Variable Independiente: Entrenamiento Físico, edad, género.

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de variable según la escala de medida</b>	<b>Indicador</b>
<b>Edad</b>	En años cumplidos el día que se inició el plan de entrenamiento	Cuantitativa continua	Años de edad cumplidos 60-75 años
<b>Genero</b>	Elemento constitutivo de las relaciones sociales basadas en las diferencias que distinguen los sexos	Cualitativa Nominal	Masculino Femenino
<b>VO<sub>2</sub>máx.</b>	Cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir en una unidad de tiempo	Cuantitativa Continua	ml*kg <sup>-1</sup> *min <sup>-1</sup> 16.2- 47.0
<b>MVO<sub>2</sub></b>	Cantidad de oxígeno que el corazón puede absorber, y consumir en una unidad de tiempo	Cuantitativa Continua	ml*min <sup>-1</sup> *100gr <sup>-1</sup> 13.0- 31.3
<b>HTA</b>	Fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes de las arterias, durante la sístole y la diástole y que excede el valor en una persona normal	Cuantitativa Continua	mm de Hg mayor a 140/90
<b>Entrenamiento físico</b>	Plan de ejercicios físicos, planeados, ejecutados y evaluados, con el propósito de mejorar la condición física de las personas objeto de estudio	Cuantitativa Continua	Intensidad(%VO <sub>2</sub> ), duración(1hora por sesión), frecuencia (diaria, 5 días a la semana)

**Tabla 1. Descripción de variables**

## 2.4 Hipótesis

**Hipótesis Afirmativa (Hi):** Un plan de entrenamiento físico estructurado aumenta el VO<sub>2</sub>max y disminuye o mantiene el MVO<sub>2</sub>. en pacientes adultos mayores hipertensos.

**Hipótesis Nula (H0):** Un plan de entrenamiento estructurado no aumenta el consumo

máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) ni disminuye el  $MVO_2$  en pacientes adultos mayores hipertensos.

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es un estudio analítico de tipo cuasi experimental, con un grupo intervención y otro control, a través de la cual se pretende establecer el efecto de un programa de ejercicios sobre  $VO_{2max}$  Y el  $MVO_2$  en un grupo de adultos mayores hipertensos pertenecientes al programa de riesgo cardiovascular (RCV) de la IPS CAJASAN, en Bucaramanga y se realizó adoptando las normas de ética de dicha institución y los lineamientos del ministerio de salud de Colombia sobre la realización de estudios de investigación con seres humanos. Según (Bono, 2012), los diseños cuasi-experimentales, principales instrumentos de trabajo dentro del ámbito aplicado, son esquemas de investigación no aleatorios. Dado la no aleatorización, no es posible establecer de forma exacta la equivalencia inicial de los grupos, como ocurre en los diseños experimentales. Se consideran los cuasi-experimentos como una alternativa a los experimentos de asignación aleatoria, en aquellas situaciones donde se carece de pleno control experimental. Para (Hernández et. al., 2011), los cuasi-experimentos son como experimentos de asignación aleatoria en todos los aspectos excepto en que no se puede presumir que los diversos grupos de tratamiento sean inicialmente equivalentes dentro de los límites del error muestral.

A todos los pacientes participantes en el proyecto se les realizó prueba de esfuerzo en banda sin fin, para lo que se les hizo un periodo de inducción, no se les llevó directamente a la banda, sino que se entrenaron en una banda con características parecidas para que al momento de realizar la prueba ya estuvieran familiarizados con los aparatos y evitar errores.

### **3.2 Población**

La unidad de estudio de este trabajo la conformaron 208 pacientes adscritos al programa de riesgo cardiovascular (RCV) de la IPS CAJASAN de Bucaramanga, con edades entre los 60 y 75 años, que padecen hipertensión arterial.

### **3.3 Muestra**

Se tomó una muestra de 40 pacientes, de los cuales 20 se asignaron al grupo intervención y 20 al grupo control. El muestreo fue no probabilístico, dado que los integrantes del grupo intervención debían vivir en el barrio o circunvecino donde está el polideportivo donde se les realizó el plan de ejercicios físicos, para facilitar su desplazamiento al lugar, los que conformaron el grupo control, podían residir en cualquier lugar de la ciudad, y debían seguir haciendo la caminata diaria, recomendada en el programa de RCV, todo paciente que llegaba al control del programa de RCV y que cumplía con los criterios de inclusión al estudio se les preguntaba si estaban interesados en participar en la investigación, de ser positiva la respuesta, se determinaba si formaba parte de uno u otro grupo de acuerdo al lugar de residencia, si la respuesta era negativa no se tenía en cuenta para el estudio, este procedimiento se hizo hasta completar la muestra, a ambos grupos se les calculó el  $VO_{2max}$  y el  $MVO_2$ , antes de comenzar el estudio y al finalizar, estos grupos no son equivalentes, es decir entre ellos hay otras diferencias aparte de la exposición a la actividad física, entre estas diferencias se pueden mencionar, las comorbilidades, cifras de colesterol, triglicéridos, glicemia, peso corporal, Índice de Masa

Corporal (IMC), condición física, pero se consideró no influían de manera determinante en los resultados, por lo que los resultados son comparables entre los grupos.

Todos los pacientes pertenecían al programa de RCV, tenían diagnóstico de HTA, sus edades oscilaban entre 60 a 75 años, de ambos géneros, ninguno tenía contraindicada la realización de ejercicios físicos.

En cuanto a la HTA, todos estaban controlados, presentaban estadio I o II de HTA, y tenían diferentes tiempos de evolución de su enfermedad, entre uno y siete años de diagnóstico, las complicaciones asociadas a la HTA o daño en órgano blanco eran diferentes, algunos tenían hipertrofia ventricular izquierda y arritmia supra ventricular de bajo riesgo por electrocardiograma, el compromiso renal era diferente en cada uno de ellos, sin llegar a tener insuficiencia renal, el mayor compromiso estaba en estadio renal grado II, ninguno presentaba retinopatía hipertensiva, recibían diferentes medicamentos, en dosis diferentes.

**3.3.1 Criterios de Inclusión.** Se establecieron como criterios de inclusión los siguientes: tener entre 60 a 75 años de edad, pertenecer a la nueva EPS, estar zonificado en CAJASAN Bucaramanga, tener diagnóstico de HTA, pertenecer al programa de riesgo cardiovascular, no tener contraindicación para realizar ejercicio físico.

**3.3.2 Criterios de exclusión.** Se establecieron como criterios de exclusión los siguientes: presentar enfermedad coronaria manifiesta, angina de pecho, insuficiencia cardiaca, disnea de cualquier otro tipo, como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), presentar otra enfermedad que le limitara la realización de actividad física, como artrosis avanzada u otra enfermedad osteomuscular, enfermedad metabólica como la diabetes. Estar recibiendo

betabloqueante para el tratamiento de la HTA.

### 3.4 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Información

A todos los participantes en el estudio se les realizó una evaluación clínica, cuyos datos se registraron en un formato diseñado para la presente investigación, (ver Anexo 1) el cual incluyó información acerca de: Variables sociodemográficas, peso pre y pos plan de entrenamiento, IMC pre y pos plan de entrenamiento, MVO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub>, pre y pos plan de entrenamiento, diferencia de medias de VO<sub>2max</sub>, MVO<sub>2</sub> pos –pre plan de entrenamiento, talla, Registro de exámenes paraclínicos: electrocardiograma (EKG), hemograma, perfil lipídico, glicemia, uroanálisis, creatinina, evaluaciones del VO<sub>2max</sub> y el MVO<sub>2</sub>. El instrumento fue revisado por expertos y validado previa aplicación.

Ambos grupos siguieron realizando las actividades programadas a pesar de haber terminado el proyecto, los datos fueron entregados a CAJASAN para que de acuerdo a los resultados hiciera uso de ellos para mejorar el tratamiento de los pacientes desde el punto de vista de la actividad física estructurada en el programa de riesgo cardiovascular.

**3.4.1 Medición del VO<sub>2max</sub>.** Existen diferentes formas de medir el VO<sub>2max</sub>, en este estudio se calculó en forma indirecta, en el laboratorio, aplicando prueba ergométrica graduada, en banda sinfín con protocolo de Bruce modificado al iniciar y al finalizar el plan de entrenamiento (Ver anexo 2), se utilizó la fórmula del (ACSM, 2006):  $VO_{2max} = (V*0,1) + (G*V*1,8) + 35$ , relaciona la velocidad de la banda (V), con el porcentaje de inclinación (G). Dónde: V= velocidad de la banda m\*minuto<sup>-1</sup>, la velocidad de la banda normalmente se expresa en Km\*h<sup>-1</sup>,

o Millas\* $h^{-1}$ , por lo que se debe hacer la conversión. G= grado de inclinación de la banda se coloca en decimales, no en porcentajes, así por ejemplo 10% corresponde a 0,1.

Estas pruebas las debe realizar un médico cardiólogo o un deportólogo con experiencia en esta materia, en este caso fue realizado por un cardiólogo y un deportólogo.

**3.4.2 Medición del MVO<sub>2</sub>.** En el presente estudio se calculó el MVO<sub>2</sub> utilizando la prueba ergométrica graduada, protocolo de Bruce modificado, utilizando la fórmula del doble producto,  $MVO_2 = DP * 8,46 / 10000$ , DP= doble producto, es igual a frecuencia cardiaca máxima por presión arterial sistólica. Se realizó la prueba ergométrica graduada, luego se empleó la formula antes mencionada, utilizando la frecuencia cardiaca máxima alcanzada, y la presión arterial sistólica, con la que se calculó el doble producto.

La prueba ergometría graduada se realizó en banda sin fin marca Trackmaster TMX425, Capacidad de soporte de peso 200 Kg, para trabajo pesado, motor de servicio de 2 HP, toma de energía de 200 a 240 V, velocidad de 0,5 a 18 millas/h, inclinación de 0 a 25%,. Un hardware QRS Card Cardiology Suite, características avanzadas de interfaz software, base de datos, selecciones de filtros digitales avanzados para reducir el ruido eléctrico, el movimiento de línea de base, y la interferencia del movimiento del músculo de la señal de ECG dando señales más limpias. Instalado en un ordenador Lenovo All in One 18,5" 4GB.

**3.4.3 Otros instrumentos utilizados en la prueba ergométrica y en el desarrollo de los ejercicios.** Se usaron tensiómetros marca Welch Allyn, fonendoscopio Littmann Clasic, balanza electrónica marca Tanita BF 350, precisión de 100 gramos, debidamente calibrados.

Durante las sesiones de entrenamiento a los pacientes se les colocó pulsómetro marca

Polar FS1 para controlar la Frecuencia Cardíaca (FC).

Durante las pruebas de esfuerzo y en el trabajo de campo se les educó sobre la escala de Borg modificada, (Ver anexo 3) con buena correlación con la FC y el  $VO_2$ . Se tomaron datos de manera continua de la presión arterial, la FC, antes de cada sesión, durante la sesión y al final, igual que la monitorización con la escala subjetiva de Borg, como medida de seguridad dentro del plan de entrenamiento, la frecuencia cardíaca y la escala de Borg fueron usadas para calcular la intensidad del ejercicio aeróbico.

El pulsómetro o monitor de frecuencia cardíaca es un instrumento compuesto por un sensor de material plástico- elástico que se coloca en el pecho del paciente, se sujeta con una banda elástica a la parte posterior del tórax para que quede fijo, el sensor capta la frecuencia cardíaca y la envía a un reloj de pulso especial que se coloca el paciente, en el cual muestra numéricamente la frecuencia cardíaca y su variación con la actividad física, en este caso fue importante para saber la intensidad del ejercicio aeróbico, se debía mantener en una zona aeróbica de manera continua, entre un 50 – 75% del  $VO_{2max}$ , este % fue calculado por la fórmula de Karvonen. (Ver anexo 4)  $FC \text{ de entrenamiento} = FC \text{ de reserva} * \% \text{ de trabajo} + FC \text{ basal}$ , donde la FC de reserva es igual a  $FC \text{ máx.} - FC \text{ basal}$ . (Lavalle, 2010)

Todos los instrumentos estaban debidamente calibrados, CAJASAN es una institución con certificación de calidad por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones (ICONTEC), que cumple con los protocolos y estándares de calidad exigidos para las entidades de salud certificadas.

### **3.5 Consentimiento Informado**

Se garantizó la protección de la intimidad de las personas participantes de acuerdo a la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 1964), y la disposición de la resolución 008430 del Ministerio de Salud (1993), sobre la firma del consentimiento informado en investigación en seres humanos. Previa participación en el estudio, se explicaron sus objetivos a los sujetos y a la institución que apoya el proyecto, para luego autorizar su participación a través de la firma del consentimiento informado para participar en el estudio y la realización de la prueba de esfuerzo (Ver anexos 5 y 6).

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS, ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para el procesamiento y tabulación de la información, se creó una base de datos en Excel, luego se procesó la información en el software estadístico SSPS. Las variables de estudio fueron aplicadas en pacientes con edades comprendidas entre 60 y 75 años, discriminados por género y se dividieron en dos grupos: intervención y control (ver tabla 2 y 3) Para el análisis de la información se utilizaron estadísticas descriptivas las cuales incluyeron medidas de tendencia central, media, mediana, para las variables, edad,  $VO_{2max}$ ,  $MVO_2$  y medidas de dispersión como varianza y desviación estándar, para las variables  $VO_{2max}$  y  $MVO_2$ . Para establecer si existió diferencia entre el pre-test y el post-test es decir el antes-después del plan de entrenamiento, se hizo la toma del  $MVO_2$  y el  $VO_{2max}$  antes, luego se aplicó el plan de entrenamiento durante 12 semanas después se volvieron a medir las mismas variables ( $MVO_2$  y el  $VO_{2max}$ ) a esos resultados se les aplicó las estadísticas descritas, se realizaron los análisis y las discusiones respectivas.

La descripción de estos datos se muestra a continuación.

## 4.1 Comparación Grupo Intervención vs. Grupo Control

### 4.1.1 Edad y Género en Grupo Control e Intervención

#### Grupo intervención

Sujeto	Edad	Género
1	70	F
2	75	F
3	63	F
4	75	F
5	60	M
6	60	F
7	74	F
8	73	F
9	73	M
10	60	F
11	63	M
12	73	F
13	69	F
14	75	F
15	75	F
16	65	F
17	62	F
18	75	F
19	62	F
20	69	F

#### Grupo control

Sujeto	Edad	Género
1	75	F
2	65	F
3	70	F
4	75	F
5	63	M
6	68	F
7	61	F
8	67	F
9	62	M
10	60	F
11	71	M
12	69	F
13	60	F
14	60	M
15	75	F
16	64	F
17	70	F
18	65	F
19	75	F
20	62	F

**Tabla 2. Edad y género en Grupo Intervención y Grupo Control**

Género	Grupo Control		Grupo Intervención	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Femenino	16	80%	17	85%
Masculino	4	20%	3	15%
Edad Promedio (años)	66,8		68,5	

**Tabla 3. Distribución por género y edad. Ambos grupos**

Se registra un promedio de edad de 68,5 años para el grupo intervención y de 66,8 años para el grupo control, en cuanto al género el 85% son femeninas en el grupo intervención, y el 15% masculino, en tanto que en el grupo control hay 80% femeninas y 20% masculinos.

Descriptive Statistics	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
edadG1 (Grupo Intervención)	20	68,55	5,978	60	75
edadG2 (Grupo Control)	20	66,85	5,432	60	75

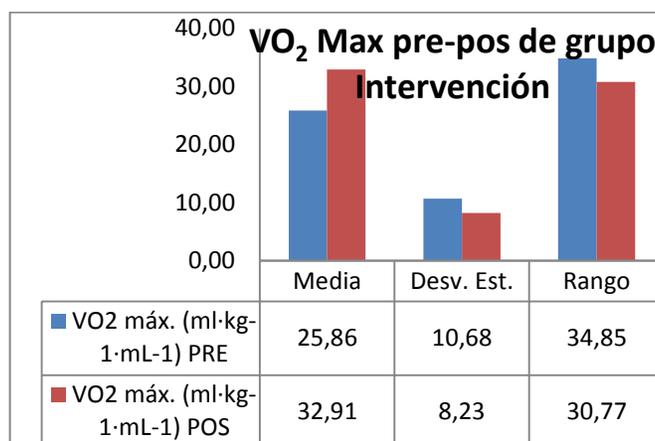
**Tabla 4. Comparación de datos de las edades entre los grupos intervención y control**

El intervalo de confianza para la media de las edades en las personas del grupo intervención es (62.57, 74.53), con un coeficiente de variabilidad del 8.72% y en el grupo control el intervalo de confianza para la media es (61.42, 72.28), con un coeficiente de variabilidad del 8.12%. Lo cual garantiza la homogeneidad de las edades entre las personas de los grupos que participan en la investigación.

4.1.2  $VO_{2max}$  en Grupo Intervención y Control

Sujeto	$VO_{2max}$ pre $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	$VO_{2max}$ Pos $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	D ( $VO_{2max}$ pos- $VO_{2max}$ pre) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
1	16,18	35,39	19,21
2	35,39	35,39	0
3	24,54	35,39	10,85
4	24,54	24,54	0
5	46,95	46,95	0
6	24,54	35,39	10,85
7	24,54	24,54	0
8	16,18	24,54	8,36
9	24,54	24,54	0
10	46,95	46,95	0
11	46,95	46,95	0
12	16,18	35,39	19,21
13	16,18	24,54	8,36
14	16,18	24,54	8,36
15	16,18	35,39	19,21
16	24,54	35,39	10,85
17	35,39	35,39	0
18	24,54	35,39	10,85
19	24,54	35,39	10,85
20	12,1	16,18	4,08
Media	25,8565	32,9085	7,052
	$\mu_D$ (diferencia de medias)		7,052
	$S_D$ (desviación estándar)		6,98640002

Tabla 5.  $VO_{2max}$  Pre-  $VO_{2max}$  pos, diferencia de medias de  $VO_{2max}$  Grupo intervención



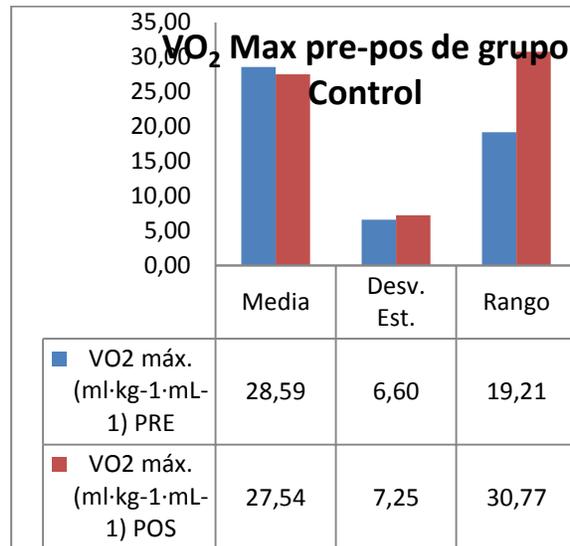
**Figura 1. VO<sub>2max</sub> Pre y VO<sub>2max</sub> Pos en grupo intervención**

La diferencia entre las medias del VO<sub>2max</sub> antes y después de la actividad física aumentó 7,052 ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup> en el grupo intervención, además la desviación estándar disminuyó, lo que demuestra que en la mayoría de los pacientes el VO<sub>2max</sub> tiende a nivelarse con respecto al valor promedio (ver tabla 5 y figura 1).

A continuación se presentan los datos del VO<sub>2max</sub> en el grupo control antes y después de la actividad física.

SUJETO	VO <sub>2max</sub> pre	VO <sub>2max</sub> pos	D (VO <sub>2max</sub> pos-VO <sub>2max</sub> pre)
1	24,54	24,54	0
2	24,54	24,54	0
3	24,54	24,54	0
4	35,39	24,54	-10,85
5	35,39	24,54	-10,85
6	35,39	24,54	-10,85
7	35,39	35,39	0
8	35,39	46,95	11,56
9	35,39	24,54	-10,85
10	35,39	35,39	0
11	16,18	16,18	0
12	24,54	24,54	0
13	24,54	35,39	10,85
14	24,54	24,54	0
15	24,54	24,54	0
16	16,18	16,18	0
17	35,39	35,39	0
18	24,54	24,54	0
19	35,39	35,39	0
20	24,54	24,54	0
Media	28,5865	27,537	-1,0495
	$\mu_D$ (diferencia de medias)		-1,0495
	$S_D$ (desviación estándar)		6,07071094

**Tabla 6. VO<sub>2max</sub> Pre - VO<sub>2max</sub> Pos y diferencia de medias VO<sub>2max</sub> en el grupo control**



**Figura 2. VO<sub>2max</sub> pre – VO<sub>2max</sub> pos grupo control**

En este grupo la diferencia entre las medias antes y después de la caminata diaria disminuyó -1,0495 además la desviación estándar aumentó, lo que muestra que en el grupo control el VO<sub>2max</sub> no se mantuvo constante entre los pacientes con respecto al valor promedio (ver tabla 6 y grafica 2).

A continuación se muestra en la tabla 7 la comparación del comportamiento del VO<sub>2max</sub> antes y después del plan de ejercicios en ambos grupos

Grupo	variable	Media	Desv. est.	Rango	% Coef. Var.	Valor P
Control	VO <sub>2</sub> máx. (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) PRE	28,59	6,60	19,21	0,23	
	VO <sub>2</sub> máx. (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) POS	27,54	7,25	30,77	0,26	0,4490
	Cambio VO <sub>2</sub> máx. (%)	-3,67				
Intervención	VO <sub>2</sub> máx. (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) PRE	25,86	10,68	34,85	0,41	
	VO <sub>2</sub> máx. (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) POS	32,91	8,23	30,77	0,25	0,000
	Cambio VO <sub>2</sub> máx. (%)	27,27				

**Tabla 7. Comparación del VO<sub>2</sub> máx en el pretest y en el posttest, en ambos grupos**

**4.1.3 Análisis para la Variable VO<sub>2</sub> máx en el Grupo Intervención y Control.** A continuación se realiza el test de normalidad para los datos correspondientes a la variable VO<sub>2</sub> máx tanto en el grupo intervención como en el grupo control.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VO2MaxPreG1	,298	20	,000	,828	20	,002
VO2MaxPosG1	,266	20	,001	,862	20	,008
VO2MaxPreG2	,292	20	,000	,771	20	,000
VO2MaxPosG2	,357	20	,000	,804	20	,001

a. Lilliefors Significance Correction

**Tabla 8. Test de normalización de datos VO<sub>2</sub> máx ambos grupos**

Se concluye que para un nivel de significancia del 95% los datos correspondientes a esta variable están distribuidos normalmente (ver tabla 8). Por lo tanto para  $n \leq 30$ , los datos se analizan empleando una distribución t-student.

**Prueba de Hipótesis.** Las hipótesis planteadas en esta investigación para la variable de estudio VO<sub>2</sub> máx tomando como parámetro la media aritmética correspondientes al grupo intervención ( $\mu_1$ ) y al grupo control ( $\mu_2$ ) son: H<sub>0</sub>:  $\mu_1 - \mu_2 = 0$  y H<sub>1</sub>:  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 VO2MaxPreG1 - VO2MaxPosG1	-7,05200	6,98640	1,56221	-10,32174	-3,78226	-4,514	19	,000
Pair 2 VO2MaxPreG2 - VO2MaxPosG2	1,04950	6,07071	1,35745	-1,79168	3,89068	,773	19	,449

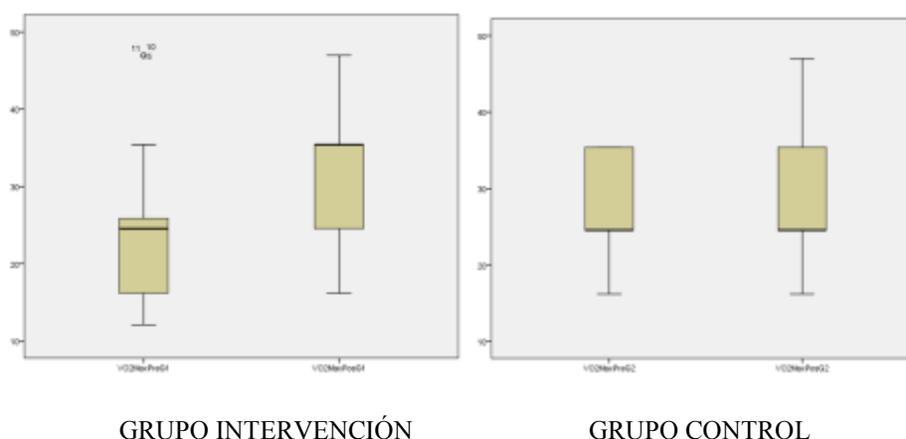
**Tabla 9 . p Valor ambos grupos para  $VO_{2max}$**

Al analizar los resultados estadísticos se observa que en el grupo intervención (G1) el p valor es inferior a 0.05, lo cual permite concluir que no hay suficiente evidencia para pensar que las medias correspondientes al  $VO_{2max}$  no varían, por lo tanto existen diferencias significativas entre las medias antes y después de la actividad física propuesta. Esto no ocurre en el grupo control (G2) donde el p- valor es 0.499 (es decir, 0,249 para una cola), que es mayor a 0.05, por lo tanto el  $VO_{2max}$  antes y después de la actividad física permanece constante con un 95% de confianza (ver tabla 9).

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VO2MaxPreG1	25,8565	20	10,95805	2,45029
	VO2MaxPosG1	32,9085	20	8,43895	1,88701
Pair 2	VO2MaxPreG2	28,5865	20	6,77378	1,51466
	VO2MaxPosG2	27,5370	20	7,43732	1,66303

**Tabla 10. Comparación del  $VO_{2max}$  ambos grupos**

En la tabla 10 y figura 3 se muestran los comportamientos de las medias tanto en el grupo intervención como en el control con respecto a la variable  $VO_{2max}$  antes y después de la actividad física.



**Figura 3. Comparación del  $VO_{2max}$  ambos grupos pre y pos intervención**

En los gráficos se evidencia que el promedio de  $VO_{2max}$  después de la actividad física a la que fueron sometidos los pacientes del grupo intervención aumentó, de manera significativa, mientras que el grupo control permaneció casi igual

La tabla 7 muestra una disminución del  $VO_{2max}$  de 3,6% en el grupo control, mientras que en el grupo intervención hubo un aumento del 27%, lo que es estadísticamente significativo, además la dispersión de los datos es mucho mayor en el grupo control con relación al grupo

intervención.

#### 4.1.4 MVO<sub>2</sub> en el grupo control e intervención

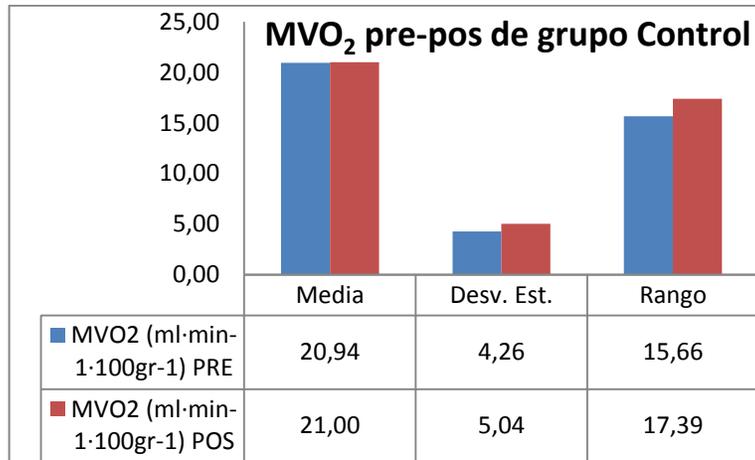
**MVO<sub>2</sub> EN EL GRUPO CONTROL.** Los resultados del grupo control se muestran en la siguiente tabla.

Sujetos	MVO <sub>2</sub> pre	MVO <sub>2</sub> pos	D (MVO <sub>2</sub> Pos-MVO <sub>2</sub> pre)
1	15,4818	15,97248	0,49068
2	16,10784	20,1348	4,02696
3	15,9894	16,2432	0,2538
4	22,99428	27,18198	4,1877
5	18,12132	13,3245	-4,79682
6	24,75396	23,78952	-0,96444
7	20,71008	23,45112	2,74104
8	23,0112	28,4256	5,4144
9	15,16032	16,1163	0,95598
10	22,14828	19,89792	-2,25036
11	25,02468	21,79296	-3,23172
12	22,00446	20,71008	-1,29438
13	17,52912	19,6272	2,09808
14	27,64728	27,10584	-0,54144
15	23,75568	23,75568	0
16	12,9438	12,9438	0
17	23,58648	26,19216	2,60568
18	23,45112	16,97076	-6,48036
19	19,84716	15,96402	-3,88314
20	28,60326	30,33756	1,7343
<b>Media</b>	<b>20,943576</b>	<b>20,996874</b>	<b>0,053298</b>
	$\mu_D$ (diferencia de medias)		0,053298
	$S_D$ (desviación estándar)		3,11561446

**Tabla 11. MVO<sub>2</sub> Pre, MVO<sub>2</sub> Pos y diferencia de medias MVO<sub>2</sub> en el grupo control**

Como se ve en la tabla 11, la diferencia de medias de MVO<sub>2</sub> pos – MVO<sub>2</sub> pre es 0,053298, es positiva, corresponde al 0,25%, lo que significa que el MVO<sub>2</sub> aumentó levemente

después de realizar las caminatas diarias en el grupo control.



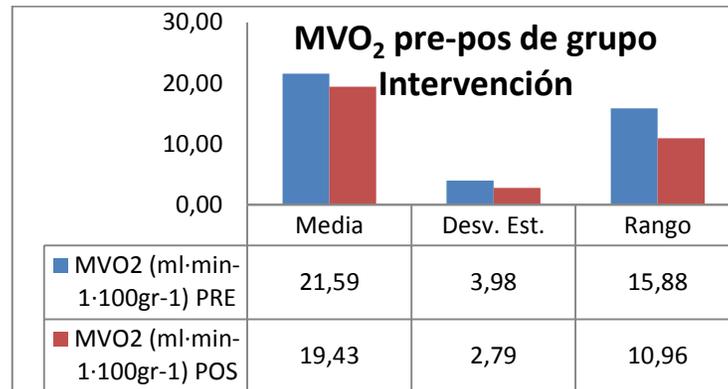
**Figura 4. MVO<sub>2</sub> pre- MVO<sub>2</sub> pos en el grupo control**

**MVO<sub>2</sub> en el grupo intervención.** En cuanto a la variable MVO<sub>2</sub> la siguiente tabla muestra los datos del grupo intervención.

Sujetos	MVO <sub>2</sub> Pre	MVO <sub>2</sub> Pos	D (MVO <sub>2</sub> pos-MVO <sub>2</sub> pre)
1	18,84042	19,6272	0,78678
2	19,6272	15,61716	-4,01004
3	22,842	17,766	-5,076
4	22,70664	15,5664	-7,14024
5	23,0112	19,30572	-3,70548
6	23,28192	18,47664	-4,80528
7	21,92832	19,08576	-2,84256
8	17,32608	23,4765	6,15042
9	21,62376	16,7508	-4,87296
10	26,11602	18,2736	-7,84242
11	31,26816	23,75568	-7,51248
12	25,27848	22,74048	-2,538
13	15,38874	18,67968	3,29094
14	15,5664	21,28536	5,71896
15	19,5426	18,55278	-0,98982
16	20,304	19,66104	-0,64296
17	26,20062	25,8876	-0,31302
18	18,7812	18,9504	0,1692
19	25,58304	20,1771	-5,40594
20	16,55622	14,92344	-1,63278
Media	21,588651	19,427967	-2,160684
$\mu_D$ (diferencia de medias)			-2,160684
$S_D$ (desviación estándar)			4,02545218

**Tabla 12. MVO<sub>2</sub> Pre, MVO<sub>2</sub> Pos y diferencia de medias MVO<sub>2</sub> en el grupo intervención**

En la tabla 12 se muestra que el MVO<sub>2</sub> en el grupo intervención disminuyó -2,160684, equivale al 10%.



**Figura 5. MVO<sub>2</sub> pre – MVO<sub>2</sub> pos en el grupo intervención**

Grupo		Media	Desv. Est.	Rango	Coef. Var.	Valor P
<b>Control</b>	MVO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·100gr <sup>-1</sup> ) PRE	20,94	4,26	15,66	0,20	0,879
	MVO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·100gr <sup>-1</sup> ) POS	21,00	5,04	17,39	0,24	
	Cambio MVO <sub>2</sub> (%)	0,25				
<b>Intervención</b>	MVO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·100gr <sup>-1</sup> ) PRE	21,59	3,98	15,87	0,18	0,03
	MVO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·100gr <sup>-1</sup> ) POS	19,43	2,79	10,96	0,14	
	Cambio MVO <sub>2</sub> (%)	-10,00				

**Tabla 13. Comparación MVO<sub>2</sub> en el pretest (PRE) y el postest (POS) ambos grupos**

**4.1.5 Análisis para la variable MVO<sub>2</sub> en el grupo intervención y control.** Se analiza la normalidad de los datos correspondientes a la variable MVO<sub>2</sub>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
MVO2PreG1	,089	20	,200 <sup>*</sup>	,966	20	,674
MVO2PosG1	,168	20	,143	,950	20	,368
MVO2PreG2	,146	20	,200 <sup>*</sup>	,959	20	,522
MVO2PosG2	,132	20	,200 <sup>*</sup>	,956	20	,469

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

**Tabla 14. Prueba de normalización de datos para MVO<sub>2</sub>**

Se observa que los datos no están normalmente distribuidos por lo tanto se debe emplear una prueba no paramétrica, en este caso se emplea el test de Wilcoxon, en el grupo intervención y en el control

**Prueba de hipótesis.** Las hipótesis planteadas en esta investigación para la variable de estudio MVO<sub>2</sub> tomando como parámetro la media aritmética correspondientes al grupo intervención ( $\mu_1$ ) y al grupo control ( $\mu_2$ ) son:  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$  y  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ .

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The median of differences between MVO2PreG1 and MVO2PosG1 equals 0.	Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test	,030	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

**Tabla 15. Prueba de hipótesis para MVO<sub>2</sub> grupo intervención**

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The median of differences between MVO2PreG2 and MVO2PosG2 equals 0.	Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test	,879	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

**Tabla 16. Prueba de hipótesis para MVO<sub>2</sub> grupo control**

Para los valores correspondientes a la diferencia de medias del grupo intervención (G1), se observa que el valor de significancia es menor de 0,05 (ver tabla 16) por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, existen diferencias significativas en el MVO<sub>2</sub> antes y después de la actividad física propuesta, en este caso se observa una disminución en la medida de la media en los pacientes del grupo intervención. Mientras que los valores de esta variable en el grupo control (G2) antes y después de las actividades físicas se observa que el valor de significancia es mayor que 0,05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula, es decir, no hay evidencias suficientes para no aceptar que el MVO<sub>2</sub> antes y después de la actividad física permanecen iguales (ver tabla 17).

	N	Mean	Std. Deviation
MVO2PreG1	20	21,5887	4,07933
MVO2PosG1	20	19,4280	2,86083
MVO2PreG2	20	20,9436	4,37159
MVO2PosG2	20	20,9969	5,17023
Valid N (listwise)	20		

**Tabla 17. Comparación del MVO<sub>2</sub> ambos grupos pre y pos plan de entrenamiento**

Al analizar los valores correspondientes a los valores de la media para el grupo intervención y control antes y después de la actividad física sugerida, se observa que en el grupo

intervención el promedio de  $MVO_2$  disminuyó, al igual que las diferencias con respecto a ese promedio después de la actividad física, mientras que en el grupo control el valor promedio del  $MVO_2$  permaneció igual, aumentando levemente la diferencia con respecto al promedio después de la actividad física (ver tabla 18).

#### 4.2 Plan de Entrenamiento Físico

El protocolo de intervención en actividad física, estuvo acorde a Las recomendaciones de la Comisión Nacional Mixta, (JNC 7), JNC 8, la (AHA) el Colegio Americano de Cardiología (2013) el grupo de trabajo de estilo de vida saludable, una reciente Declaración Científica de la AHA, el (ACSM), la (ESH / ESC), y el (CHEP), en los componentes recomendados de la frecuencia (F), intensidad (I), tiempo (T) y tipo (T), las siglas (FITT). De acuerdo a una reciente revisión realizada por (Pescatello et al., 2015). En pacientes hipertensos. Estas recomendaciones son:

- **FRECUENCIA.** En la mayoría, si no todos los días de la semana. Esto debido a que la PA es menor en los días que la gente hace ejercicio en comparación con los días que no lo hacen, esta respuesta fisiológica se denomina hipotensión pos ejercicio (HPE) es la reducción inmediata de la PA de 5-7 mmHg en personas con hipertensión que se produce después de una sola sesión de ejercicio aeróbico de duración variable (10 a 50 min) e intensidad ( 40 % hasta 100 % del  $VO_{2max}$ ), estas reducciones de la PA se mantienen hasta 24 h después del ejercicio. Otra de las razones para la recomendación de ejercicio en la mayoría, si no todos, los días de la semana es que los adultos con hipertensión a menudo tienen sobrepeso u obesidad, se debe aumentar el gasto calórico necesario para la pérdida de peso inicial y mantenimiento del peso.

- **INTENSIDAD.** Hacer ejercicio aeróbico de intensidad moderada (40 % a < 60 % del  $VO_{2max}$ ) o la frecuencia cardíaca reserva, también se recomienda la intensidad vigorosa ( $\geq 60$  % del  $VO_{2max}$  calculado por FC de reserva). La magnitud de las reducciones de la PA que resultan del ejercicio aeróbico agudo y crónico se producen en función directamente proporcional con la intensidad, a mayor intensidad, mayores serán los resultantes de la reducción de la PA.

- **TIEMPO.** Hacer ejercicio al menos 30 minutos por día, la duración del ejercicio debe alcanzar un total de 150 minutos o más por semana; una cantidad que es consistente con las recomendaciones para la población general.

- **TIPO.** El ejercicio aeróbico debe ser prescrito como el principal tipo de ejercicio para la prevención, tratamiento y control de la hipertensión. Porque el entrenamiento aeróbico ha demostrado consistentemente bajar la PA 7.5 mmHg entre las personas con hipertensión, niveles que son el doble de lo producido por los ejercicios de resistencia dinámica. También se recomienda que los adultos con hipertensión deban participar en el entrenamiento de resistencia dinámica como complemento de ejercicio aeróbico.

Para el desarrollo del plan de trabajo se programó un Macro ciclo de 12 semanas (tres meses), tres Mesociclos de cuatro semanas cada uno (un mes cada uno) y doce Microciclos de una semana cada uno.

Al grupo control se le indicó que siguiera haciendo la actividad física diaria, 1 hora de caminata como mínimo, 5 días a la semana. Se les hizo llamada telefónica semanal, para recordar y reforzar que hicieran la caminata diaria y garantizar el cumplimiento del plan de trabajo.

Antes de comenzar el plan de entrenamiento se hizo estratificación del riesgo en ambos grupos, muy especialmente en los pacientes del grupo intervención dado que iban a realizar ejercicios físicos de mayor intensidad, y debían no exponerse a cargas de trabajo que podían representar un riesgo para su salud. De acuerdo a la (AHA, 2011) los pacientes se clasifican en bajo, medio y alto riesgo. Según la presencia de los principales factores de riesgo para enfermedad cardiovascular, signos y síntomas de enfermedad cardiovascular y presencia de enfermedad cardiovascular, pulmonar o metabólica, entre otras.

Están en bajo riesgo quienes no presentan síntomas y, además tienen menos de 2 factores de riesgo para enfermedad cardiovascular. Los de riesgo moderado son los que tienen dos o más factores de riesgo, pero aun no presentan síntomas o signos importantes como dolor precordial, angina, taquicardia en reposo, disnea entre otros. Finalmente están en alto riesgo cuando hay diagnóstico de enfermedad cardiopulmonar, diabetes o cáncer. También se incluyen patologías renales, hepáticas, desordenes musculo esqueléticos u otra enfermedad limitante. Los pacientes del presente estudio estaban en su mayoría en riesgo moderado, dado que eran hipertensos, mayores de edad, algunos con sobrepeso.

Se diseñó e implementó un plan de acondicionamiento físico en el grupo intervención, de acuerdo a la edad de los participantes, su condición de salud y la condición física individual. Se practicó ejercicio físico 1 hora diaria de lunes a viernes, de 6 A.M a 7 A.M, en el polideportivo del barrio Mutis de Bucaramanga, donde existen los espacios físicos y los escenarios deportivos para tal fin, se implementó actividad aeróbica, también ejercicios de fuerza. La intensidad del trabajo, en los diferentes tipos de ejercicios se fue aumentando de manera paulatina, de acuerdo al principio de progresión de la carga de entrenamiento, de tal manera que no puso en riesgo la salud de los participantes. El plan duró 12 semanas, para un total de sesenta (60) sesiones.

La hora de trabajo se dividió de la siguiente manera: diez minutos de calentamiento dinámico, consistente en caminata, movilidad articular y flexibilidad, 40 minutos del trabajo central, acondicionamiento, (actividad aeróbica, fuerza) y diez minutos de vuelta a la calma, o enfriamiento, que consistía en ejercicio aeróbicos de menos intensidad, como trote o caminatas y de estiramientos. Se hizo toma de presión arterial antes, durante y después de cada sesión, la frecuencia cardiaca se monitorizó durante toda la sesión de trabajo con monitores de frecuencia cardiaca, la frecuencia cardiaca de reserva fue utilizada para medir la intensidad del trabajo y mantenerlos en una zona aeróbica, como se explicó anteriormente.

Se realizó la actividad aeróbica de acuerdo a la condición física de cada uno, se empezó con caminata, donde el nivel de exigencia era en promedio 46% del  $VO_{2max}$ , calculado por frecuencia cardiaca de reserva, esta intensidad era la caminata diaria que venían realizando de manera espontánea, sin ningún control profesional, se fue aumentando paulatinamente el nivel de exigencia como caminar de manera normal, caminar rápido, trotar suave, trotar más fuerte, hasta correr moderadamente, donde su frecuencia cardiaca de reserva llegaba al 75%.

Para el trabajo de fuerza se calculó una RM (Repetición Máxima), para el movimiento de flexo-extensión de codo, estando el paciente sentado, los demás grupos musculares no se calcularon, dado que las cargas utilizadas en miembros inferiores (MM II), eran básicamente el propio peso corporal, donde se usaron pesos externos fueron los miembros superiores (MM SS), especialmente en los movimientos de flexo-extensión de codos.

Para el cálculo de la RM se usó el método de cargas submáximas, dado que el riesgo de lesión es menor que cuando se usan cargas máximas, aunque a menor número de repeticiones realizadas mayor es la precisión de la RM. Existen diferentes fórmulas para hallar la RM. Algunas se muestran a continuación.

- **O'Conner y col. (1989):**  $1RM = Kg. \times (1 + 0,025 \times n^{\circ} \text{repeticiones})$
- **Epley (1995):**  $1RM = (0,0333 \times Kg.) \times n^{\circ} \text{repeticiones} + Kg$
- **Gorostiaga (1997):**  $1RM = \frac{Kg.}{1,0278 - 0,0278 \times n^{\circ} \text{repeticiones}}$

Donde Kg: Se refiere a la masa de peso en kilos que se es capaz de movilizar durante un número X de repeticiones. Y n° repeticiones: Se refiere al número de veces que se es capaz de movilizar los kg de carga.

Tal vez la fórmula más utilizada y popular sea la de Gorostiaga, también llamada fórmula lineal de Brzycki, ya que es más exacta cuando se realizan menos de 10 repeticiones, siendo recomendable para sujetos entrenados, para los menos entrenados se recomienda la de O'conner, ofrece mayor exactitud cuando se sobrepasan 10 repeticiones por ejercicio, lo cual supone una menor movilización de carga, con menor riesgo de lesiones, ideal en personas no entrenadas y en personas mayores. La fórmula de Epley tiene un buen error de predicción, pero es menos aplicable en adultos mayores. (Fundación española del corazón, 2010)

El método empleado en este caso fue la fórmula de O'conner, se debe realizar la máxima cantidad de repeticiones posibles para que el dato sea lo más real. Antes de realizar la medición se hizo el calentamiento, luego se colocó la carga con que previsiblemente se podían realizar pocas repeticiones, se anotó el peso de la carga en Kg. Seguidamente se realizó una serie, intentando la máxima cantidad de repeticiones, llegando al límite, hasta que presentó cansancio muscular. Seguidamente se aplicó la fórmula que se ha seleccionado (O'conner).

El porcentaje utilizado durante los ejercicios no sobrepasó el 50% de un RM. Con carga máxima de 3 kg, quien fue capaz de tener mayor desempeño y 1 Kg como mínimo, el que tuvo menor desempeño. Se realizaron en promedio 10 repeticiones por sesión en cada ejercicio,

Cuando se trata de pacientes muy desacondicionados o adultos mayores con importante atrofia muscular, se recomienda iniciar con intensidades entre 40 a 50% de su RM y realizar un mayor número de repeticiones. Algunos estudios han demostrado que sets de ocho a doce repeticiones a intensidad del 20% al 50% aumentan considerablemente la fuerza y la potencia en adultos mayores. (Duperly & Lobelo, 2015). Se recomienda realizar sesiones de entrenamiento de dos a tres veces por semana para los principales grupos musculares, se sugiere espaciar el entrenamiento de cada grupo muscular entre 48 a 72 horas para garantizar la correcta recuperación del tejido muscular y maximizar la ganancia de fuerza. (Duperly & Lobelo, 2015).

El plan desarrollado fue de fácil aplicación, sin necesidad de aparatos especializados, ni gimnasios, podía seguirlo haciendo el paciente con una supervisión del personal capacitado, lo que se buscó fue mejorar el  $VO_{2max}$  y el  $MVO_2$  lo que a su vez mejoró la independencia funcional.

Se hizo hidratación cada quince a veinte minutos con agua o zumo de frutas, se le recomendó ropa y calzado adecuado, especialmente calzado antideslizante.

A continuación se describen ejemplos de las actividades desarrolladas para cada tipo de trabajo.

**4.2.1 Trabajo de resistencia aeróbica.** En general, son ejercicios que aumentan la frecuencia cardiaca y respiratoria por periodos prolongados.

Las actividades aeróbicas desarrolladas en el presente trabajo fueron, caminatas, trotes, carreras suaves, subir y bajar gradas, bailes, actividades recreativas con pelotas, con bastones, La intensidad del trabajo aeróbico se controló utilizando la escala de Borg modificada, los criterios de la OMS, la (American collage sport medicine, ACSM), la American Heart Association

(AHA), la fundación española del corazón, con los criterios de porcentaje de FC máxima y la fórmula de Karvonen, porcentaje de FC de reserva o porcentaje de  $VO_{2max}$ , esta última de más valor por tener relación directa con el consumo de oxígeno.

En el trabajo inicial el porcentaje de  $VO_2$  calculado por la FC de reserva no pasó del 50%, luego se fue incrementando hasta mantenerlo entre un 50 a 75%. Al principio como los pacientes venían realizando solo la caminata diaria durante una hora, se siguió en el primer microciclo con una intensidad similar, se agregó trabajo de fuerza, con poca carga, el propio peso corporal, en el segundo microciclo se aumentó la zancada del paso, se mantuvo así el primer mesociclo, en el segundo mesociclo pudieron trotar y el tercer mesociclo pudieron mantener el trote y correr suavemente, de esta manera se hizo una transición adecuada, con una adaptación cardiovascular, respiratoria y neuromuscular progresiva, siempre teniendo en cuenta que la frecuencia cardiaca de reserva no sobrepasara el 75%, de ahí la importancia de los pulsómetros, para controlar la intensidad del entrenamiento.

**4.2.2 Trabajo de fuerza.** En el presente trabajo se hizo trabajo de fuerza, inicialmente con autocarga, con el propio peso, en el primer microciclo realizando flexiones en miembros inferiores, con ambas piernas, una sola pierna, flexión de codos apoyando las manos contra la pared. En el segundo microciclo ejercicios con sobrecarga, pesos alternativos, botellas llenas de arena, de agua, de piedras, bolsas llenas de piedras, arena, pesas pequeñas, finalmente se suman bandas elásticas con neumáticos de bicicletas (Ver anexo 7).

En el primer mesociclo se hizo ejercicio con autocarga, en el segundo mesociclo con sobrecarga, pesos alternativos, con bolsas y botellas con arena o piedras, en el tercer mesociclo se agrega bandas elásticas. Desde el cuarto microciclo se fue aumentando el peso utilizado para

los ejercicios desde una botella que pesaba media libra hasta llegar a una que pesaba tres kilos, esto fue de manera individual no todos llegaron a hacer ejercicio con la misma carga. Cada uno con su capacidad individual, sin sobrepasar el 50% de su RM. Los ejercicios aeróbicos también se fueron aumentando en intensidad, la duración era la misma, pero la intensidad se aumentó paulatinamente, desde caminata hasta llegar a carrera lenta, donde la frecuencia cardiaca se aumentó hasta el 75% de su reserva.

A continuación se describen las sesiones de entrenamiento. Todas tuvieron 1 hora de duración, realizadas 5 días a la semana de lunes a viernes durante 12 semanas.

## **PRIMER MICROCICLO**

**Intensidad 50% del  $VO_{2max}$ .** Fuerza. Propio peso corporal en MMII

### **LUNES**

- **Calentamiento.** Se realizaron 10 minutos de caminata a paso normal, que era la actividad que hacían de manera rutinaria, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla ( 6 repeticiones), flexión de codos contra un muro ( 6 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (6 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (6 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (6 repeticiones). Con una duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

**MARTES, MIÉRCOLES, JUEVES Y VIERNES** igual intensidad y duración.

## **SEGUNDO MICROCILO**

**Intensidad 50% del  $vo_{2max}$ . Fuerza el propio peso corporal**

### **LUNES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, acompañado de ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla (8 repeticiones), flexión de codos contra un muro (8 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (8 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (8 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (8 repeticiones). Dos series de cada ejercicio. Con una duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## MARTES

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, acompañado de ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 20 minutos más, se completan 40 minutos, se hace hidratación, se continúa la caminata por 10 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## MIERCOLES

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla (8 repeticiones), flexión de codos contra un muro (8 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (8 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (8 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (8 repeticiones). Dos series de cada ejercicio. Con una duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se

les motiva para volver al día siguiente.

## **JUEVES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 20 minutos más, se completan 40 minutos, se hace hidratación, se continúa la caminata por 10 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **VIERNES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla ( 8 repeticiones), flexión de codos contra un muro ( 8 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (8 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (8 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (8 repeticiones). Dos series de cada ejercicio. Con una duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

### **TERCER MICROCICLO**

**Intensidad 60% del  $vo_{2max}$  30% de un RM.**

#### **LUNES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, acompañados de ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando a zancada hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, se sigue 10 minutos de baile, se completan 40 minutos, se hace hidratación, sigue la caminata aumentando la zancada, 10 minutos más, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

#### **MARTES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, con la realización de ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla (12 repeticiones),

flexión de codos contra un muro (12 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (12 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (12 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (12 repeticiones). 1 serie de cada repetición. Se agregan ejercicios con sobrecarga pesos externos, pesos alternativos, botellas con pesos entre una libra y 1 kilo, para el tren superior. Cada participante con una carga de trabajo individual. Duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **MIÉRCOLES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando la zancada hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se realiza baile durante 20 minutos más, se completan 40 minutos, se sigue 10 minutos de baile, se completan 40 minutos, se hace hidratación, sigue la caminata aumentando la zancada, 10 minutos mas.se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **JUEVES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla (12 repeticiones), flexión de codos contra un muro (12 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (12 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (12 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (12 repeticiones). 1 serie de cada repetición. Se agregan ejercicios con sobrecarga pesos externos, pesos alternativos, botellas con pesos entre una libra y 1 kilo, para el tren superior. Cada participante con una capacidad individual. Duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **VIERNES**

- **Calentamiento.** 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando a zancada hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continúa la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, se sigue 10 minutos de caminata, se completan 40 minutos, se hace hidratación, sigue la caminata aumentando la zancada, 10 minutos mas.se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

**El cuarto y quinto microciclo se mantiene igual, intensidad del 60% del  $VO_{2max}$  y 30% de una RM.**

### **SEXTO MICROCICLO**

**Intensidad 70% del  $vo_{2max}$  30% de un RM.**

#### **LUNES**

- **Calentamiento.** Se realizan 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando la zancada y trote suave hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se sigue con baile por 20 minutos más, se completan 40 minutos, se hace hidratación, se sigue 10 minutos de caminata, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

#### **MARTES**

- **Calentamiento.** Se realizan 10 minutos de caminata a paso normal, se alternan con ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata y el trote suave hasta completar 20 minutos,

se realizó hidratación, se continúan ejercicios con bastones durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla (12 repeticiones), flexión de codos contra un muro (12 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (12 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (12 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (12 repeticiones). 1 serie de cada repetición. Se agregan ejercicios con sobrecarga pesos externos, pesos alternativos, botellas con pesos entre 1 kilo y 2 kilos, para el tren superior. Cada participante con una capacidad individual. Duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## MIÉRCOLES

- **Calentamiento.** Se realizan 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando la zancada y trote suave hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se sigue y trote suave subir y bajar gradas por 20 minutos más, se completan 40 minutos, se hace hidratación, se sigue 10 minutos de caminata, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **JUEVES**

- **Calentamiento.** Se hacen 10 minutos de caminata a paso normal, los que se acompañan de ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata y el trote suave hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continua la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla (12 repeticiones), flexión de codos contra un muro (12 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (12 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (12 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (12 repeticiones). 1 serie de cada repetición. Se agregan ejercicios con sobrecarga pesos externos, pesos alternativos, botellas con pesos entre 1 kilo y 2 kilos, para el tren superior. Cada participante con una capacidad individual. Duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **VIERNES**

- **Calentamiento.** Se realizan 10 minutos de caminata a paso normal, se acompañan de ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando la zancada y trote suave hasta

completar 20 minutos, se realizó hidratación, se sigue y trote suave por 10 minutos más, se completan 30 minutos, se hacen 10 minutos de baile, se hace hidratación, se sigue 10 minutos de caminata, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

**El séptimo microciclo se mantiene con igual intensidad 70 % del  $VO_{2max}$  y 30 % de un RM,** trabajando lunes, miércoles y viernes solo ejercicio aeróbicos, los días martes y jueves se realizaron combinación de ejercicios aeróbicos con trabajo de fuerza

## **OCTAVO Y NOVENO MICROCICLOS**

### **Intensidad 70% $VO_{2max}$ Y 40 % de un RM**

En estos microciclos los días lunes, miércoles y viernes se trabajó la fuerza y la capacidad aeróbica, los días martes y jueves solo capacidad aeróbica.

El trabajo fue similar a los microciclos anteriores, la diferencia fue que se aumentó un poco la carga en los ejercicios de fuerza de 30% a 40% de un RM, se aumentó de 1 kilo a 1 kilo y medio y de 2 a 2 y medio kilo de manera individual para cada paciente, igualmente se agregan ejercicio con bandas elásticas con neumáticos de bicicleta.

## **DÉCIMO MICROCICLO**

### **Intensidad 75 % del $VO_{2max}$ , fuerza 40% de un RM**

En este microciclo la planeación y ejecución fue similar a las sesiones anteriores pero en

los ejercicios aeróbicos los paciente fueron capaces de hacer un trote más fuerte e incluso correr suavemente, llegando hasta el 75% de la frecuencia cardiaca de reserva. Estos trotes estaban intercalados con caminatas suaves y caminatas con aumento de la zancada.

## **DÉCIMO PRIMER MICROCICLO**

**Intensidad del 75% del  $VO_{2max}$  y 50% de un RM.**

### **LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES SOLO EJERCICIOS AERÓBICOS**

- **Calentamiento.** Se realizaron 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando la zancada y trote suave hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se sigue caminando subiendo y bajando gradas por 10 minutos más, se completan 30 minutos, se hacen 10 minutos de baile, se hace hidratación, se sigue 10 minutos de caminata, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

### **MARTES Y JUEVES EJERCICIOS AERÓBICOS Y DE FUERZA**

- **Calentamiento.** Se realizaron 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata y el trote suave hasta completar 20 minutos,

se realizó hidratación, se continua la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla (14 repeticiones), flexión de codos contra un muro (14 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (14 repeticiones), levantar un pie en la grada y volverlo a bajar (14 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (14 repeticiones). 1 serie de cada repetición. Se realizan ejercicios con sobrecarga pesos externos, pesos alternativos, botellas con pesos entre 1 kilo y 1 kilo y medio y hasta 3 kilos, para el tren superior. Cada participante con una capacidad individual. Duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **DÉCIMO SEGUNDO MICROCICLO**

**Intensidad del 75% del  $VO_{2max}$  y 50% de un RM.**

### **LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES EJERCICIOS AERÓBICOS Y DE FUERZA**

- **Calentamiento.** Se realizaron 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata y el trote suave hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se continua la caminata, durante 10 minutos más, se completan 30 minutos, luego se realizan ejercicios de fuerza con el propio cuerpo, flexo extensión de rodilla

(14 repeticiones), flexión de codos contra un muro (14 repeticiones), levantarse y sentarse en las gradas (14 repeticiones), levantar un pie en las gradas y volverlo a bajar (14 repeticiones), igual con el otro pie, el mismo ejercicio, pero flexionando y extendiendo la rodilla (14 repeticiones). 1 serie de cada repetición. Se realizan ejercicios con sobrecarga pesos externos, pesos alternativos, botellas con pesos entre 1 kilo y 3 kilos, para el tren superior. Cada participante con una capacidad individual. Duración de 8 minutos, se sigue la caminata por 5 minutos más, se hace hidratación, se continúa la caminata por 7 minutos, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## **MARTES Y JUEVES EJERCICIOS AERÓBICOS Y DE FUERZA**

- **Calentamiento.** Se realizan 10 minutos de caminata a paso normal, luego se realizaron ejercicios de estiramiento de los grandes grupos musculares en miembros superiores e inferiores.

- **Condicionamiento.** Se siguió la caminata aumentando la zancada y trote suave hasta completar 20 minutos, se realizó hidratación, se sigue caminando subiendo y bajando gradas por 10 minutos más, se completan 30 minutos, se hacen 10 minutos de baile, se hace hidratación, se sigue 10 minutos de caminata, se completan 50 minutos.

- **Enfriamiento o vuelta a la calma.** Se continúa la caminata normal por 4 minutos, se hace estiramiento durante 6 minutos más, se da por finalizada la sesión, se realiza hidratación. Se les motiva para volver al día siguiente.

## 4.3 Macro ciclo Plan de Entrenamiento Físico

MACROCICLO									
MESOCICLOS	I- II- III								
MES	SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE								
FECHA	4-30 – sep	3 – 30 oct		31oct 25nov		TOTAL			
MESOCICLOS	1°	2°		3°					
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
Resistencia aeróbica (50-75%)	54	648	69	831	69	825	64	2304	
Resistencia a la fuerza (20-50%)	11	137	10	114	9	102	10	353	
Flexibilidad	24	289	14	175	15	184	18	648	
Coordinación	11	126	7	80	7	89	8	295	
	100	1200	100	1200	100	1200	100	3600	

Tabla 18. *Macro ciclo, Mesociclos I, II y III*

MESOCICLO I										
MESOCICLO	I									
MES	SEPTIEMBRE									
FECHA	5 al 9	12 al 16		19 al 23		26 al 30		TOTAL		
MICROCICLO	1°	2°		3°		4°				
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN
Resistencia aeróbica (50%-60%)	42	127	52	156	59	177	63	188	54	648
Resistencia a fuerza (20%-30%)	13	38	16	48	9	26	7	24	11	137
Flexibilidad	36	107	20	60	23	69	18	53	24	289
Coordinación	9	28	12	35	9	28	12	35	11	126
	100	300	100	300	100	300	100	300	100	1200

Tabla 19. *Mesociclo I. Microciclos 1-4*

MESOCICLO II										
MESOCICLO	II									
MES	OCTUBRE									
FECHA	3 al 7		10 al 14		17 al 21		24 al 28		TOTAL	
MICROCICLO	5°		6°		7°		8°			
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN
Resistencia aeróbica (60%-70%)	68	205	67	202	71	214	71	210	69	831
Resistencia a la fuerza (30%-40%)	9	28	6	20	12	34	11	32	10	114
Flexibilidad	17	48	18	52	11	33	14	42	14	175
Coordinación	6	19	9	26	6	19	4	16	7	80
	100	300	100	300	100	300	100	300	100	1200

Tabla 20. Mesociclo II. Microciclos 5-8

MESOCICLO III										
MESOCICLO	III									
MES	NOVIEMBRE									
FECHA	31 al 4		7 al 11		14 al 18		21 al 25		TOTAL	
MICROCICLO	9°		10°		11°		12°			
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN
Resistencia aeróbica (70%-75%)	69	207	69	206	69	208	68	204	69	825
Resistencia a la fuerza (40%-50%)	9	26	9	27	8	21	9	28	9	102
Flexibilidad	15	47	14	43	15	46	16	48	15	184
Coordinación	7	20	8	24	8	25	7	20	7	89
	100	300	100	300	100	300	100	300	100	1200

Tabla 21. Mesociclo III. Microciclos 9-12

MESOCICLO I											
MICROCICLO	1										
MES	SEPTIEMBRE										
FECHA	5	6	7	8	9	10	11				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
Resistencia aeróbica (50%)	58	35	58	35	67	40	67	40	67	40	
Resistencia a la fuerza (20%)	17	10	8	5	13	8	12	7	13	8	
Flexibilidad	17	10	17	10	12	7	13	8	12	7	
Coordinación	8	5	17	10	8	5	8	5	8	5	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 22. Mesociclo I, Microciclo I

MESOCICLO I											
MICROCICLO	2										
MES	SEPTIEMBRE										
FECHA	12	13	14	15	16	17	18				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
Resistencia aeróbica (50%)	67	40	67	40	67	40	67	40	67	40	
Resistencia a fuerza (20%)	13	8	0	0	13	8	0	0	13	8	
Flexibilidad	20	12	20	12	10	6	16	10	20	12	
Coordinación	0	0	13	8	10	6	17	10	0	0	
	100	60	100	60	100	60	10	60	100	60	

Tabla 23. Mesociclo I, Microciclo 2

MESOCICLO I											
MICROCICLO	3										
MES	SEPTIEMBRE										
FECHA	19	20		21		22		23		24	25
DÍAS	Lunes	Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	Domingo
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
Resistencia aeróbica (60%)	67	40	67	40	67	40	66	40	67	40	
Resistencia fuerza (30%)	0	0	23	14	0	0	17	10	0	0	
Flexibilidad	20	12	10	6	20	12	17	10	17	10	
Coordinación	13	8	0	0	13	8	0	0	16	10	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 24. Mesociclo I, Microciclo 3

MESOCICLO I											
MICROCICLO	4										
MES	SEPTIEMBRE										
FECHA	26	27		28		29		30		1	2
DÍAS	Lunes	Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	Domingo
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
Resistencia aeróbica (60%)	67	40	67	40	67	40	67	40	67	40	
Resistencia a la fuerza (30%)	0	0	17	10	0	0	17	10	0	0	
Flexibilidad	27	16	16	10	16	10	8	5	16	10	
Coordinación	6	4	0	0	17	10	8	5	17	10	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 25. Mesociclo I, Microciclo 4

MESOCICLO II											
MICROCICLO	5										
MES	OCTUBRE										
FECHA	3	4	5	6	7	8	9				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
MOTRICES											
Resistencia aeróbica (60%)	67	40	67	40	70	42	70	42	70	42	
Resistencia a fuerza (30%)	0	0	17	10	0	0	17	10	14	8	
Flexibilidad	20	12	16	10	13	8	13	8	16	10	
Coordinación	13	8	0	0	17	10	0	0	0	0	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 26. Mesociclo II, Microciclo 5

MESOCICLO II											
MICROCICLO	6										
MES	OCTUBRE										
FECHA	10	11	12	13	14	15	16				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
MOTRICES											
Resistencia aeróbica (70%)	67	40	67	40	67	40	67	40	67	40	
Resistencia a la fuerza (30%)	0	0	13	8	0	0	20	12	0	0	
Flexibilidad	23	14	20	12	17	10	13	8	17	10	
Coordinación	10	6	0	0	16	10	0	0	16	10	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 27 . Mesociclo II, Microciclo 6

MESOCICLO II											
MICROCICLO	7										
MES	OCTUBRE										
FECHA	17	18	19	20	21	22	23				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
Resistencia aeróbica 70%	73	44	75	45	72	43	70	42	67	40	
Resistencia fuerza 30%	0	0	15	9	0	0	20	12	20	12	
Flexibilidad	17	10	10	6	13	7	10	6	7	4	
Coordinación	10	6	0	0	15	9	0	0	6	4	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 28. Mesociclo II, Microciclo 7

MESOCICLO II											
MICROCICLO	8										
MES	OCTUBRE										
FECHA	24	25	26	27	28	29	30				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
Resistencia aeróbica (70%)	77	46	67	40	67	40	73	44	67	40	
Resistencia a la fuerza (40%)	0	0	20	12	0	0	17	10	17	10	
Flexibilidad	23	14	13	8	15	9	10	6	8	5	
Coordinación	0	0	0	0	18	11	0	0	8	5	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 29. Mesociclo II, Microciclo 8

MESOCICLO III											
MICROCICLO	9										
MES	NOVIEMBRE										
FECHA	31	1		2		3		4		5	6
DÍAS	Lunes	Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	Domingo
DIRECCIONES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
MOTRICES											
Resistencia aeróbica 70%	67	40	67	40	72	43	72	43	69	41	
Resistencia a fuerza (40%)	17	10	0	0	13	8	0	0	13	8	
Flexibilidad	13	8	23	14	8	5	20	12	13	8	
Coordinación	3	2	10	6	7	4	8	5	5	3	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 30 . Mesociclo III, Microciclo 9

MESOCICLO III											
MICROCICLO	10										
MES	NOVIEMBRE										
FECHA	7	8		9		10		11		12	13
DÍAS	Lunes	Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	Domingo
DIRECCIONES MOTRICES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
MOTRICES											
Resistencia Aeróbica (75%)	67	40	70	42	67	40	67	40	73	44	
Resistencia a la fuerza (40%)	18	11	0	0	13	8	0	0	13	8	
Flexibilidad	15	9	20	12	10	6	20	12	7	4	
Coordinación	0	0	10	6	10	6	13	8	7	4	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 31. Mesociclo III, Microciclo 10

MESOCICLO III											
MICROCICLO	11										
MES	NOVIEMBRE										
FECHA	14	15	16	17	18	19	20				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
MOTRICES											
Resistencia aeróbica (75%)	67	40	73	44	73	44	67	40	67	40	
Resistencia a la fuerza (50%)	0	0	17	10	0	0	17	10	0	0	
Flexibilidad	20	12	7	4	20	12	13	8	20	12	
Coordinación	13	8	3	2	7	4	3	2	13	8	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 32. Mesociclo III, Microciclo 11

MESOCICLO III											
MICROCICLO	12										
MES	NOVIEMBRE										
FECHA	21	22	23	24	25	26	27				
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
DIRECCIONES	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	%	MIN	
MOTRICES											
Resistencia aeróbica (75%)	70	42	67	40	67	40	67	40	70	42	
Resistencia a la fuerza (50%)	17	10	0	0	20	12	0	0	10	6	
Flexibilidad	13	8	23	14	13	8	20	12	10	6	
Coordinación	0	0	10	6	0	0	13	8	10	6	
	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	

Tabla 33. Mesociclo III, Microciclo 12

Periodo		PREPARATORIO				PREPARATORIO				PREPARATORIO			
Etapa		GENERAL				GENERAL				GENERAL			
Meses		Septiembre				Octubre				Noviembre			
Mesociclo		I				II				III			
Microciclos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tipos de microciclo		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Fechas microciclo		5/11	12/18	19/25	26/2	3/9	10/16	17/23	24/30	31/6	7/13	14/20	21/27
Intensidad	Máxima												
	Submáxima										X	X	X
	Medio							X	X	X			
	Submedio			X	X	X	X						
	Bajo	X	X										
Volumen	Máxima												
	Alta										X	X	X
	Media					X	X	X	X	X			
	Baja	X	X	X	X								
Direcciones				%	Minutos	%	Minutos	%	Minutos	Total %	Total min		
Resistencia aeróbica (50-75%)				54	648	69	831	69	825	64	2304		
Resistencia a la fuerza (20-50%)				11	137	10	114	9	102	10	353		
Flexibilidad				24	289	14	175	15	184	18	648		
Coordinación				11	126	7	80	7	89	8	295		
Total				100	1200	100	1200	100	1200	100	3600		
				Primer	meso	Segundo	meso	tercer	meso	Total	macro		

Tabla 34. Resumen Macrociclo. Mesociclo I, II, III Microciclos 1-12

## Discusión

En esta investigación se pudo establecer el efecto de un plan de ejercicio físico sobre el  $VO_{2max}$  y el  $MVO_2$  en un grupo de pacientes adultos mayores hipertensos, adscritos a CAJASAN Bucaramanga, antes de iniciar el plan de ejercicios se hizo evaluación clínica y paraclínica, la muestra de pacientes distribuidas en el grupo control y el intervención son de características similares, en cuanto a número de participantes, género, edad, patologías presentes, condición física, todos venían realizando una caminata de 1 hora al día, los asignados al grupo intervención se les hizo un plan de ejercicios especiales, resistencia aeróbica y fuerza, una hora diaria, el grupo control siguió haciendo la caminata diaria.

Ha sido ampliamente comprobado que el  $VO_2$  disminuye con la edad, esto se debe a un deterioro en un 25% del gasto cardíaco, al descenso de la utilización periférica del  $O_2$ , los valores menores de frecuencia cardíaca máxima, y disminución de los parámetros de la función pulmonar. (Ramos, Santos, Ochoa, Peña, & Ramos, 2010)

Los valores obtenidos para el  $VO_{2max}$  en el grupo intervención mostraron un aumento de  $7,1 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  en promedio después del plan de entrenamiento, el  $VO_2$  inicial promedio fue  $25,85 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  y el final  $32,9 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , la diferencia fue de  $7.1 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  que corresponde al 27%, lo que quiere decir que cada paciente en promedio presentó una mejoría en su capacidad física, lo que se traduce en mejor y mayor capacidad para realizar sus labores diarias, estos resultados pueden tener influencia directa sobre las capacidades físicas y autonomía, sobre todo en esta edad, donde se va perdiendo la aptitud física y la capacidad para realizar las actividades instrumentales y avanzadas de la vida diaria. De igual manera indica un mejor funcionamiento cardiovascular.

(Sánchez & Campos 2003), citados por (Cedré & Hernández, 2010) desarrollaron una investigación con una muestra de 20 pacientes de ambos géneros, con un promedio de edad de 61 años, con el objetivo de evaluar la capacidad cardiorrespiratoria de los pacientes con cardiopatía isquémica que realizaban un programa de ejercicios físicos. La evaluación se realizó a través del flujo espiratorio pico y la prueba de caminata de los 6 minutos, el estudio duró 3 meses. El  $VO_{2max}$  aumentó de 17 a 19  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . (11,7%).

(Armbruster, 2003), citado por (Cedré & Hernández, 2010) realizó una investigación durante 3 meses con 20 pacientes del sexo femenino con obesidad grado I e hipertensas estadio I, controlado con medicamentos y ejercicios físicos. Se aplicó la prueba de los 6 minutos para calcular el  $VO_{2max}$  antes y después, encontrando un aumento del  $VO_{2max}$  de 18,5 a 20,5;  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . (10,8%)

(Justo, 2004), citado por (Cedré & Hernández, 2010), realizó un trabajo con una muestra de 18 mujeres y un hombre, con edades entre 60 y 83 años, promedio de 70 años. Con ejercicio físico durante 3 meses, se encontró un incremento en el  $VO_{2max}$  de 12 a 13  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (8,3%)

(Cruz, 2005), citado por (Cedré & Hernández, 2010) realizó un estudio, con una muestra de 10 pacientes de la tercera edad que padecían hipertensión arterial en estadio I. El objetivo de la investigación fue conocer la influencia de un programa de ejercicios de natación creado para rehabilitar a estos pacientes. Con una duración de 4 meses, utilizando como método de evaluación funcional la prueba de caminata de los 6 minutos. El  $VO_{2max}$  pasó de 16,3 a 18,6  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . (14,1%)

Estos estudios no especifican tipo de ejercicio realizado, la duración de cada sesión, la intensidad, la progresión, la condición física inicial de los participantes, si eran sedentarios o

activos, se supone eran pacientes sedentarios, el  $VO_{2max}$  inicial y final es bastante bajo, en todos los casos, en el presente estudio el  $VO_{2max}$  para grupo control e intervención inicial estaban en  $27,53 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  y  $25,58 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Respectivamente, estos no eran sedentarios, realizaban 1 hora de caminata diaria, durante varios años, tampoco da cuenta de las patologías asociadas, la evaluación se realizó por una prueba de campo, el test de los 6 minutos, además no hubo grupo control.

(Sikiru & Okoye 2013) realizaron un estudio en Nigeria, con doscientos cuarenta y cinco pacientes varones, entre 50 a 70 años de edad, todos con hipertensión esencial, leve a moderada, presión arterial sistólica [PAS] entre 140-179 y la presión arterial diastólica [PAD] entre 90-109 mmHg, con más de un año de evolución, fueron asignados a 2 grupos uno control y otro intervención con ejercicio físico, (140 intervención y 105 de grupos de control) durante 8 semanas, se ejercitaban 3 veces por semana, entre 45-60 minutos por sesión con intensidades de 60-79% de la FC máxima, mientras que el grupo control permaneció con igual estilo de vida. Los sujetos fueron agrupados al azar por edad y asignados a cada grupo.

Los parámetros a medir eran PAS, PAD,  $VO_{2max}$  y Presión del pulso (PP). Se realizó prueba de esfuerzo con cicloergometro, el plan de entrenamiento también fue en cicloergometro, Todos los pacientes recibieron alfa metildopa como terapia antihipertensiva se prefirió porque no altera las respuestas hemodinámicas normales al ejercicio físico, además es un medicamento muy usado en ese país para el control de la HTA, aquellos que recibían otra medicación se les suspendió y se reemplazó con alfametildopa, 1 semana después entraron al estudio.

Todos los sujetos eran sedentarios y no tenían historia de trastorno psiquiátrico o psicológico, se excluyeron los de bajo peso y obesos ( $\text{IMC} <18.5 \text{ y} > 30 \text{ kg} \cdot (\text{m}^2)^{-1}$ , respectivamente), también los fumadores, alcohólicos, diabéticos, los que padecían enfermedad

cardiaca, renal, pacientes con enfermedades respiratorias. También se excluyeron los que eran medianamente y vigorosamente activos ( $VO_{2\max} > 27$  y  $> 33 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) respectivamente.

Los resultados fueron los siguientes, en el grupo intervención los datos del pretest fueron: PAS promedio 166.05 mm de Hg, PAD promedio 96.80 mm de Hg, PP 69.25 mm de Hg,  $VO_{2\max}$  23.67  $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . En el pos test fueron: PAS promedio 150.35 mm de Hg, PAD promedio 94.08 mm de Hg, PP 56.27 mm de Hg,  $VO_{2\max}$  37.46  $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Disminuye la PAS, la PAD, la PP, y aumenta el  $VO_{2\max}$  un 58%. Los datos del grupo control fueron: PAS promedio 160.87 mm de Hg, PAD promedio 97.17 mm de Hg, PP 63.70 mm de Hg,  $VO_{2\max}$  21.23  $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . En el pos test fueron: PAS promedio 163.47 mm de Hg, PAD promedio 96.10 mm de Hg, PP 67.39 mm de Hg,  $VO_{2\max}$  22.82  $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Aumentó (7,4%) Aumenta no significativamente la PAS, disminuye no significativamente la PAD, aumenta no significativamente la PP, y aumenta el  $VO_{2\max}$  7.4%. No siendo significativo, se usó un  $p < 0,05$ . Este estudio demuestra el beneficio del ejercicio físico sobre la cifras de presión arterial, también sobre el  $VO_{2\max}$ , sobre este último parámetro el aumento fue muy importante, en el estudio realizado con los pacientes de CAJASAN, el aumento fue del 27%, pero los pacientes no eran sedentarios, como si eran los pacientes nigerianos, los cambios se notan más cuando los pacientes tiene menos aptitud física, cuando los pacientes tiene algún entrenamientos los cambios son menos notorios.

(Dimeo et al., 2012) hicieron en Berlín, Alemania, un trabajo de investigación, para demostrar el efecto del ejercicio físico sobre la hipertensión resistente, definida esta como la imposibilidad de lograr las metas terapéuticas con 3 agentes antihipertensivos, 1 de los cuales es un diurético, o el control de las cifras de presión con 4 medicamentos, hasta el momento existe suficiente evidencia de los beneficios del ejercicio sobre los niveles de PA en normotensos e

hipertensos en diferentes estadios, pero no hay datos del beneficio sobre la HTA resistente, se tomó una muestra de 50 pacientes (29 mujeres y 21 hombres), mayores de 60 años, todos con hipertensión resistente o refractaria, fueron asignados al azar a dos grupos control e intervención con características similares, 26 al grupo control, 24 al intervención, la edad promedio del grupo control fue 62,8 años, la del grupo intervención 67,9 años, a ninguno se les modificó el tratamiento, el control no tuvo cambios en su estilo de vida, el intervención, se realizó entrenamiento en banda sin fin 3 veces por semana durante 8 a 12 semanas, 1 hora diaria, 75% de FC de reserva, se usó la escala de Borg de percepción del esfuerzo, nivel moderado 15 sobre 20, se hizo prueba de esfuerzo antes y después del plan de entrenamiento en ambos grupos, en banda sin fin, utilizando el protocolo de Bruce modificado. Los criterios de exclusión fueron la participación regular en la práctica de ejercicio físico en las últimas 4 semanas antes de la inclusión en el estudio, oclusión arterial periférica, insuficiencia aórtica o estenosis, cardiomiopatía hipertrófica, insuficiencia cardíaca congestiva, arritmia cardíaca no controlada, signos de isquemia aguda en el Electrocardiograma (EKG) de esfuerzo y cambios de medicación antihipertensiva en las últimas 4 semanas antes de su inclusión en el estudio o durante el período de seguimiento. Los resultados fueron los siguientes: en el grupo intervención se produjo reducción de presión sistólica 5,9 y diastólica 3,3 mm Hg diurna, siendo significativa P 0,03 para cada parámetro, la variación nocturna fue 3,8 mm Hg la sistólica un P 0,32 y 1,9 mm Hg la diastólica, con P 0,10 no siendo significativa esta última, el programa de ejercicio condujo a un aumento en el rendimiento físico, por aumento del  $VO_{2max}$  de 22,8 a 24,3  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$  aumento del 1,4  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , (6,1%) siendo significativo con un P 0.01. La variación en el grupo control, la PA sistólica diurna, aumentó 2,4 y la diastólica aumentó 1,2 mm Hg, siendo significativa con un p 0,03, la PA nocturna sistólica aumento 1,6 P 0,32, la PA diastólica

nocturna aumentó 0,5 P 0,10, no siendo esta significativa, el  $VO_{2max}$ , disminuyó 1,6  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$  con  $P < 0,01$  siendo significativa. Este estudio demuestra que el ejercicio físico mejora la presión arterial refractaria y también mejora el  $VO_{2max}$  en estos pacientes. La potencia vasodilatadora de un medicamento es mayor en arteria elástica, en comparación con las arterias rígidas, con cambios ateroscleróticos especialmente en pacientes de edad avanzada, como en este caso y en los pacientes de CAJASAN. El ejercicio regular puede mejorar las cifras de presión por 3 razones, disminución de peso, por mayor gasto energético, disminución del tono simpático y disminución del sodio plasmático. Por otra parte, el ejercicio aumenta la vasodilatación dependiente del endotelio por aumento de la producción de NO. Por estas razones en ocasiones resulta mejor antihipertensivo que cualquier vasodilatador en estos pacientes (Dimeo et al., 2012). Este estudio mostró cambios significativos en el  $VO_{2max}$ , no tan importantes como el grupo de CAJASAN, pero de relevancia para la realización de las actividades de la vida diaria.

(Fleg, 2012) en estados unidos, observó un incremento medio del 16% en el  $VO_2$  pico entre 60 pacientes de 65 de edad después de 3 meses de entrenamiento a partir de las 8 semanas después de un infarto de miocardio o revascularización coronaria. La evidencia ha demostrado beneficios inducidos por el entrenamiento, similares en pacientes con insuficiencia cardiaca (IC) mayores vs. Jóvenes. Estos pacientes tenían problemas coronarios sin embargo mejoraron su  $VO_2$ , como los pacientes del presente estudio, independientemente de la patología preexistente, además estos pacientes con enfermedad coronaria o revascularizados, la posibilidad de exigirles físicamente es menor, por lo que su mejoría también será menor.

En 181 pacientes con ICC con una edad media de 65 años, se aumentó el  $VO_2$  pico 10% después de 3 meses y 14% después de 12 meses de entrenamiento, mientras que cambios mínimos ocurrieron en pacientes sin ejercicios (Fleg, 2012). Estos paciente con insuficiencia

cardíaca, tienen su capacidad física reducida por su patología también lograron aumentos importantes de  $VO_2$ . En adultos mayores, una dosis de 60 minutos de actividad física diaria, de moderada intensidad presentó una reducción del 29% en todas las causas de mortalidad y con 90 minutos de actividad física diaria, hubo una reducción del 35% en todas las causas de mortalidad, luego de 20 años de seguimiento. Al aumentar la duración y la intensidad los beneficios fueron similares y los potenciales daños mayores (Liang & Hsing, 2014). El bajo  $VO_2$  es un fuerte e independiente predictor de riesgo de mortalidad (Hawkins & Wiswel, 2013). Cuando se aumenta el  $VO_2$  disminuye el riesgo de muerte, de ahí la importancia de mejorar este parámetro en esta población con mediano o alto riesgo cardiovascular.

(Chmelo et al., 2015) realizaron en estados Unidos un estudio con 40 personas de ambos géneros, entre 65 – 79 años de edad, promedio 69. Todos sedentarios, con sobrepeso u obesidad, (IMC 27 a 40  $kg \cdot m^2$  <sup>(-1)</sup>), no fumadores, sin enfermedad cardíaca, renal, pulmonar, hepática, o cualquier impedimento para hacer ejercicio físico, se hizo ejercicio en banda sin fin, 4 días por semana, 1 hora al día, intensidad del 65-70% de la FC de reserva, el  $VO_{2max}$ , se tomó antes y después del plan de entrenamiento, en banda sin fin, protocolo de Bruce modificado, significación estadística  $P \geq 0,05$ , la mayoría blancos y femenina, las comorbilidades más comunes fueron la hipertensión y la artrosis.

La adhesión al ejercicio fue del 86% en promedio, el 78 % con asistencia de 80 % o mayor y tres con el 100%, el resto menos del 80%, Hubo un aumento global del 7,9% en el  $VO_{2max}$ , los aumentos fueron entre 0,4 a 4,3  $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , con variación entre -5 % a 23 %, mejoraron más los de menos condición física, el sexo y el origen étnico no fueron importantes predictores de la capacidad de respuesta al ejercicio, La adhesión a la cantidad de sesiones de ejercicio no se asoció con el cambio, los análisis de sólo las personas con mayor del 80 % de

adherencia a los ejercicios, mostraron gran variación en las respuestas funcionales, 4 participantes no tuvieron ningún cambio o una disminución del  $VO_2$ , Se mostró gran heterogeneidad en la respuesta al entrenamiento físico, la mayoría mostraron mejoría, las adaptaciones son individuales., es probable que haya múltiples condiciones genética, epigenética, celular, fisiológicos y factores ambientales que afecten la eficacia del ejercicio, Por ejemplo la variabilidad genética en el gen de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) afecta respuestas funcionales al ejercicio, este se localiza en el cromosoma 17, el alelo I de la ECA está asociado con mejor rendimiento físico-deportivo.

Otro factor que no se tiene en cuenta es la dieta, igualmente el tipo de ejercicio o la combinación de los ejercicio, la pérdida de peso corporal, las comorbilidades, también, cómo los participantes se sentían el día de sus evaluaciones y durante el entrenamiento, la fatiga, el dolor, pueden contribuir al esfuerzo percibido y la intensidad. La intensidad , la duración, la frecuencia, o el volumen total necesario para provocar mejoras máximas en determinados resultados físicos pueden diferir entre los individuos, la comprensión de estas diferencias individuales es fundamental en los adultos mayores porque algunos individuos pueden responder más favorablemente a algunos ejercicios, esto permitiría personalizar el tipo de ejercicio y la dosis para optimizar la efectividad del entrenamiento, como terapia para la pérdida relacionado con el envejecimiento, para mantener el estado de salud o en la prevención y el tratamiento de algunas enfermedades (Chmelo et al., 2015). Los diferentes resultados encontrados en los trabajos presentados, que contrastan con los resultados del presente pueden tener explicaciones como las antes anotadas, igualmente se debe agregar, los diferentes métodos de calcular el  $VO_2$ , si es directo, con analizadores de gases, en laboratorio o en test de campo, pueden haber diferentes

variantes en cada uno de los casos. Lo que explicaría en parte la diferencia del  $VO_2$  en los diferentes estudios presentados.

En la tabla 5 se pueden ver, que la gran mayoría de los pacientes del grupo intervención mejoraron notoriamente el  $VO_{2max}$  en el pos test con relación al pre test, en otros no hubo cambios, lo que en el mejor de los casos no es cierto, lo que ocurre es que los cambios fueron menos notorios, y como no hay una fórmula más precisa para el cálculo del  $VO_{2max}$ , con el protocolo de Bruce modificado, fue necesario usar la fórmula del ACSM en la que  $VO_{2max} = (V*0,1) + (G*V*1,8) + 3,5$ , como se puede ver esta fórmula depende de la velocidad, y el porcentaje de inclinación, no del tiempo, como cada estadio del Bruce modificado demora 3 minutos, los resultados serán los mismo si no se logra superar ese estadio, el resultado será igual si está empezando o terminando esa etapa y la diferencia puede ser de más de 2 minutos de ejercicio, no se puede decir que los resultados del  $VO_2$  sean iguales, también se debe reconocer que este error aplica para ambos grupos, tanto el intervención y el control.

En el grupo control el promedio de modificación del  $VO_{2max}$  fue  $-1 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  lo que significa que la variación fue mínima, insignificante, es decir el grupo de pacientes que realizó la caminata diaria igual a como la venían realizando desde antes, no lograron mejorar su condición física, si la mantuvieron, dado que el estímulo era el mismo, desde el comienzo hasta que terminó el proyecto, diferente al grupo intervención, donde la exigencia física estaba entre un 50 a 75 % de su  $VO_{2max}$ , la exigencia física a pesar de no haberla medido en el grupo control era relativamente baja, en el grupo intervención con la caminata diaria inicial era del 48%, y se mantuvo de igual forma durante todo el proceso, no hubo progresión, además siempre fue solo la caminata, en el grupo intervención a más de la actividad aeróbica se realizó trabajo de fuerza que influyó en menor proporción sobre la masa muscular, y la fuerza, con mayor capacidad para

realizar las actividades aeróbicas, este fue otro factor de mejoría del  $VO_{2max}$ .

La intensidad del trabajo en los pacientes del grupo intervención se fue aumentando paulatinamente, tanto lo aeróbico como el trabajo de fuerza, el mejor fitness muscular (la fuerza y la resistencia muscular) proporcionan considerables beneficios a las personas mayores. Al aumentar el  $VO_{2max}$ , les puede permitir a los ancianos realizar con mayor facilidad las actividades de la vida diaria, y contrarrestar la debilidad y fragilidad muscular propia de la edad. Es muy importante que el participante mantenga un mínimo de fitness muscular si quiere seguir valiéndose por sí mismo. (ACSM, 2011)

El caminar mejora la condición física, pero si la exigencia no aumenta, esta mejoría no aumenta, la carga de trabajo se puede aumentar realizando la actividad por más tiempo, o aumentando la intensidad del esfuerzo, o la frecuencia o una combinación de las tres variables, lo ideal es aumentar todas las variables, de manera gradual, lo recomendable es aumentar inicialmente la duración, o la frecuencia y finalmente la intensidad, de todas formas es mejor caminar que no realizar ninguna actividad.

La progresión del entrenamiento es necesario de lo contrario se produce estancamiento de la mejoría de la condición física, igualmente no se debe exigir de manera desproporcionada al individuo, especialmente en la tercera edad. En el presente estudio se aplicó el principio de la progresión de la carga para el grupo intervención (ver plan de entrenamiento).

A lo largo de los programas de entrenamiento se distinguen tres fases: fase de iniciación, fase de mejoría y fase de mantenimiento. Los pacientes del grupo intervención luego del plan de entrenamiento estaban en la fase de mejoría y/o mantenimiento, podían seguir mejorando un poco más, al llegar a ese punto, no se debe aumentar la exigencia, sino mantenerla, si se disminuye la exigencia se disminuye la condición física, sino se aumenta la exigencia, se vuelve

estacionaria, no sigue aumentando la mejoría de la condición física, pero si está en el límite, la exigencia mayor puede conllevar a lesiones osteomusculares, o metabólicas por acumulación de lactato.

El grupo control estaba en la fase de iniciación, por la poca exigencia física, la mejoría fue poca, se mantuvo en el mismo nivel dado que no se le aumentó la carga de trabajo, este fenómeno ocurre no solo con el  $\text{VO}_2$ , sino también con la fuerza, se deben ir aumentando la exigencia, para mejorar las diferentes capacidades biomotoras. Al alcanzar la fase de mantenimiento, si se aumenta el estímulo produce poca mejoría, pero mantiene el nivel de fitness conseguido, esto se alcanza normalmente transcurridos los primeros 6 meses de entrenamiento. (ACSM, 2011)

En cuanto al  $\text{MVO}_2$  la tabla 13 muestra que en el grupo intervención el valor pre test promedio del grupo fue de  $21,58 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100\text{gr}^{-1}$  de tejido miocárdico y el pos test fue de  $19,427$ , para una diferencia promedio de  $2,160 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100\text{gr}^{-1}$  de tejido, lo que significa que disminuyó el 10% el  $\text{MVO}_2$ , en este mismo grupo el  $\text{VO}_{2\text{max}}$  aumentó el 27% como se puede ver en la tabla 7, esto significa que hubo mayor trabajo muscular con menor exigencia cardíaca, lo cual es muy favorable para la salud del corazón, con menor exigencia miocárdica se logra mayor trabajo muscular. Mientras que en el grupo control el  $\text{MVO}_2$  pre test fue de  $20,943 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100\text{gr}^{-1}$  de tejido cardíaco y el post test fue  $20,996 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100\text{gr}^{-1}$  de tejido, para una diferencia de  $0,0532$  lo que corresponde a un 2,5%, de aumento del  $\text{MVO}_2$ , en cuanto al  $\text{VO}_{2\text{max}}$  de ese mismo grupo se ve que el inicial fue  $28,586$  y en el pos test fue  $27,537$  para una diferencia de  $-1,0495$ , lo que corresponde a un 4,1 % de disminución del  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , es decir, hubo mayor gasto metabólico cardíaco, para un menor trabajo muscular, lo que perjudica enormemente la salud del corazón. Como la diferencias no son significativas en ambos casos de debe considerar

que el  $MVO_2$  se mantuvo constante para un mismo trabajo muscular, no mejorò, tampoco empeorò fue igual el pre y el postest.

(Rodríguez, et al., 2010). Realizaron en Cuba un estudio con el objetivo de desarrollar un programa de ejercicios físicos para lograr beneficios en la función cardiovascular. La investigación fue de tipo descriptivo, prospectivo, a 11 meses, realizado en el año 2007, en 20 pacientes (hombres y mujeres por igual) mayores de 60 años de edad (la edad promedio fue de 68,9 años), del municipio de Cifuentes. Las sesiones de trabajo fueron con una duración de 45 minutos y una frecuencia de tres veces por semana, no dejando nunca más de dos días sin realizar ejercicios entre cada sesión. Las patologías prevalentes fueron la HTA, cardiopatía isquémica crónica, la insuficiencia cardiaca, y las enfermedades osteoarticulares, el 80% de los participantes lograron control sobre la tensión arterial y la frecuencia cardíaca, lo que disminuyó el doble producto y el consumo miocárdico de oxígeno, lo que a su vez, posibilita el control de la angina, en el caso de los pacientes isquémicos, y el daño en órganos diana.

(Van, Mariani, Borlaug, & Kaye 2014) realizaron un estudio en Melbourne, Australia, para ayudar a dilucidar la fisiopatología de la insuficiencia cardiaca con fracción de eyección preservada (ICFEP), también conocida como insuficiencia cardiaca diastólica. La HTA es el principal factor de riesgo para esta patología. Se tomaron 3 grupos para el estudio, 10 personas sanas (grupo control), 7 hipertensos controlados, y 8 pacientes con ICFEP. Los hipertensos estaban controlados con antihipertensivos, los pacientes con ICFEP estaban compensados. Se excluyeron los obesos, los que tenían enfermedad arterial coronaria inestable, o síncope o taquicardia ventricular durante el ejercicio o eran incapaces de realizar una prueba de esfuerzo. A todos los participantes se les realizó ecocardiograma, arteriografía coronaria, toma de gases en sangre del seno coronario en reposo y durante la ergometría en cicloergometro. Durante el

estudio hemodinámico, en ejercicio, los pacientes con ICFEP muestran capacidad de ejercicio disminuido significativamente, en comparación con los hipertensos y mucho más disminuido con los controles sanos, ( $P < 0,05$ ), durante el ejercicio, todos los grupos de manera significativa aumentaron el gasto cardíaco (controles e hipertensos ambos  $p < 0,001$ ; Sujetos ICFEP,  $p < 0,01$ ). Las respuestas de la frecuencia cardíaca al esfuerzo fueron similares entre los grupos, mientras que el volumen sistólico en ejercicio fue significativamente menor en los pacientes ICFEP ( $P < 0,05$ ) en comparación con sujetos sanos. El doble Producto fue mayor en Pacientes ICFEP en reposo en comparación con los controles. Durante el ejercicio, hubo un aumento significativo en el gradiente transcardíaco de oxígeno en todos los grupos; sin embargo, la magnitud fue menor en los pacientes ICFEP. Los sujetos de control (reposo Vs ejercicio: 112 frente a 149 mlO<sub>2</sub>,  $P < 0,001$ ), hipertensos (reposo Vs ejercicio: 120 frente 136, mlO<sub>2</sub>  $p < 0,001$ ), y ICFEP (reposo Vs ejercicio: 112 frente a 125 mlO<sub>2</sub>,  $P = 0,01$ ). El gradiente de oxígeno pico transcardíaco fue significativamente menor en pacientes ICFEP. Al comparar la capacidad para una mayor extracción de oxígeno del miocardio durante el ejercicio, el incremento en el oxígeno transcardíaco degradado durante el ejercicio fue mitigado significativamente tanto en correlación significativa entre el trabajo del VI y el gradiente transcardíaco de O<sub>2</sub>  $p < 0,001$ ). La relajación diastólica alterada es el mecanismo clave, junto con el aumento de la rigidez vascular, la función endotelial alterada. En circunstancias normales, el consumo de oxígeno del miocardio que ocurre durante el aumento del trabajo físico se logra mediante un aumento en el flujo sanguíneo miocárdico junto con un aumento de la extracción de O<sub>2</sub> del miocardio. Un deterioro en la captación de O<sub>2</sub> por el miocardio es debido a la disfunción microvascular, el ejercicio físico ayuda a mejorar la disfunción endotelial, produciendo NO y adenosina, aumenta el flujo sanguíneo coronario, disminuye la frecuencia cardíaca, haciendo más larga la diástole con mayor

tiempo para la nutrición del corazón. El  $O_2$  del miocardio está estrechamente unido a la producción de ATP y el trabajo contráctil y metabólico, si escasea el  $O_2$ , hay menos ATP, el que tiene función importante en la relajación ventricular, porque el ATP es responsable de la separación del puente actino miosina y poner a funcionar la bomba de calcio para devolver el calcio al retículo sarcoplásmico. Este estudio sugiere que el ejercicio físico es la única forma actual de mejorar la función diastólica alterada y prevención de la ICFEP en pacientes hipertensos. (Van et al., 2013).

(Haykowsky et al., 2012) en los Ángeles EEUU tomaron Cuarenta pacientes ambulatorios, con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección conservada, (ICFEP) compensados con edades promedio de 69 años de edad, fueron examinados al inicio y después 4 meses de un programa de entrenamiento físico, se organizaron en 2 grupos al azar, uno de 22, grupo intervención y otro de 18 grupo control, sin ejercicio físico. Se evaluaron antes y después del plan de entrenamiento físico, el  $VO_2$  pico en esos pacientes fue mayor que en los pacientes con ejercicio ( $16,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  vs  $13,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $p 0.002$ ). La diferencia AV de oxígeno periférico fue significativamente mayor en pacientes con ejercicio físico  $19,8 \text{ ml } O_2 / \text{dl}$  vs.  $17.3 \text{ ml } O_2 / \text{dl}$ ;  $p 0.03$ ). Mecanismos periféricos, contribuyen a la mejora de la capacidad de ejercicio después de un plan de ejercicio. Este hallazgo sugiere que el aumento pico de la diferencia arteriovenosa de  $O_2$ , puede deberse a la mejora de la función microvascular y adaptaciones musculares / esqueléticas que se traduce en un aumento de la utilización de oxígeno por los músculos activos. También se encontró que en estos pacientes se disminuyó la FC y la PA sistólica lo que conllevó disminución del  $MVO_2$ .  $P 0,05$ , los anteriores dos estudios demuestran que la ICFEP tiene problemas centrales y periféricos, el ejercicio físico es la única forma de tratamiento actual de estos pacientes, los pacientes de CAJASAN eran hipertensos

mayores de edad, con gran riesgo de desarrollar esta patología, con el ejercicio se podría prevenir esta entidad.

(Jensen et al., 2013) en Copenhague, Dinamarca realizaron un trabajo de investigación con 2798 hombres, seguidos durante 16 años, se produjeron 1082 muertes, estas estaban relacionadas con la frecuencia cardiaca, (FC) de reposo, lo que a su vez tenía relación inversa, con la aptitud física, a menor FC mayor  $VO_{2max}$ , una FC elevada en reposo es un predictor significativo de mortalidad. El estudio demostró que los que tenían FC en reposo en rango de 51 a 80 pulsaciones por minutos (ppm) se asoció con alrededor de un 40-50% de aumento en el riesgo de muerte, una frecuencia cardiaca en reposo en el rango de 81 hasta 90 ppm confirió un aumento del doble en el riesgo y la frecuencia cardíaca en reposo por encima de 90 ppm confirió triple aumento en el riesgo en comparación con sujetos con frecuencia cardíaca baja (<50 ppm). El aumento de la FC basal aumento el riesgo de muerte, 16% por cada 10 latidos, con P de 0,001. La FC baja disminuye el  $MVO_2$ , lo que significa, menor mortalidad. En los pacientes de CAJASAN se disminuyó significativamente el  $MVO_2$ , mejorando no solo calidad, sino también mejorando la expectativa de vida, de acuerdo a los resultados del estudio danes.

El doble producto para determinar el  $MVO_2$  es importante, de muy fácil aplicación, por lo que debe ser un parámetro a valorar constantemente en los pacientes con factores de riesgo cardiovascular, no solamente como control para aumentar la seguridad de la práctica, sino también como indicador de mejora, con lo que respecta a la eficiencia y eficacia cardiovascular lograda gracias al correcto entrenamiento programado y planificado. (Santa, 2014)

## Conclusiones

La HTA es una enfermedad de alta prevalencia, especialmente en el adulto mayor, dicha patología resulta costosa desde el punto de vista económico para los individuos, las familias y el sistema de salud, igualmente disminuye calidad y expectativa de vida.

A pesar de los avances en las investigaciones farmacológicas, los medicamentos son costosos, presentan efectos secundarios, Las complicaciones de la HTA sobre los órganos blancos, (corazón, riñones, cerebro, retina) son muy frecuentes. El ejercicio físico surge como una alternativa terapéutica en los pacientes que padecen de HTA y otros factores de riesgo cardiovascular.

En el presente trabajo de investigación se pudo demostrar el efecto del ejercicio físico estructurado, planeado, orientado y evaluado por un profesional de la actividad física, sobre el  $VO_{2max}$  y sobre el  $MVO_2$ , en pacientes hipertensos adultos mayores. En el grupo intervención el  $VO_{2max}$  aumentó el 27%, el  $MVO_2$  disminuyó el 10%, esto significa que los pacientes mejoraron su condición física, la capacidad para realizar, las labores de la vida diaria, se aumentó el tiempo de trabajo muscular con menor exigencia cardíaca, lo cual es muy favorable para la salud del corazón, con menor exigencia miocárdica se logra mayor trabajo muscular. Mientras que en el grupo control se aumentó el  $MVO_2$  2,5%, y disminuyó el  $VO_{2max}$  4,1%, de forma no significativa. Se mantuvo estable porque el trabajo físico estuvo con igual exigencia, no hubo progresión de la carga de entrenamiento, no se aumentó la intensidad, la duración, frecuencia, ni varió el tipo de ejercicio.

El  $VO_2$  mejora con el ejercicio físico, la mejoría es más notoria cuando la condición física es más baja, el tipo de ejercicio más favorable es el ejercicio aeróbico, debe hacerse trabajo de

fuerza como coadyuvante, la intensidad de entrenamiento aeróbico que favorece la mejora del  $\text{VO}_2$ , debe ser entre el 50 al 80% del  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , desde el punto de vista práctico se utiliza la frecuencia cardiaca de reserva, por tener correlación con el  $\text{VO}_2$ .

El ejercicio físico mejora las cifras de presión arterial, en hipertensos en diferentes grados, también en hipertensión refractaria, igualmente mejora el  $\text{VO}_2$ , en diferentes patologías, y en diferentes edades. Es importante el aumento de la capacidad física de los ancianos, porque cuando se disminuye su condición física, se convierte en un anciano frágil, vulnerable, con discapacidad y propenso a la pérdida de la autonomía, y la independencia, también aumenta la mortalidad.

Los diferentes estudios revisados muestran aumento del  $\text{VO}_2$  entre el 6,1% hasta el 18%, el estudio realizado en Nigeria aumentó dramáticamente (58%), los pacientes de CAJASAN aumentaron el 27%, la variación en los resultados depende de diferentes factores como: los genéticos, epigenética, celular, fisiológicos, ambientales, la dieta, el tipo de ejercicio, la combinación de ejercicios, la pérdida de peso, las comorbilidades, la fatiga, el dolor al momento de la evaluación, los diferentes métodos para calcular el  $\text{VO}_2$ , si es directo, o indirecto, en laboratorio o con test de campo. En la mayoría de los estudios se realizan los cálculos, pero no se tiene en cuenta estas variables.

El ejercicio aeróbico disminuye la frecuencia cardiaca y la presión arterial, por ende el doble producto, disminuye el  $\text{MVO}_2$ , esto permite una mejor nutrición del corazón, de vital importancia en la enfermedad coronaria, pero también en el paciente hipertenso adulto mayor que está más predispuesto a la enfermedad coronaria. Con el ejercicio físico se aumenta el trabajo miocárdico, se necesita más oxigenación, en reposo el corazón extrae hasta el 75% del oxígeno en la sangre de las arterias coronarias, durante la actividad física extrae hasta el 90% del

oxígeno de la circulación coronaria, la extracción de oxígeno extra durante la actividad física es mínimo, lo que aumenta realmente es la vasodilatación coronaria, para compensar la mayor demanda de oxígeno.

Este efecto es favorable en el paciente que padece de HTA y en los que presentan enfermedad coronaria, cuando se hace actividad física, se produce una isquemia pasajera, preconditionamiento isquémico, lo que genera una adaptación del miocardio a la isquemia, lo hace más resistente a la disminución del oxígeno, además este estímulo obliga a la producción de colaterales en el miocardio, también se producen otros fenómenos como la producción de sustancias antioxidantes que protegen de la isquemia.

El ejercicio físico se debe prescribir como se formula un medicamento, para eso se debe tener formación en esta área, los médicos generalmente no tiene esta formación. Este es uno de los factores por los cuales los médicos no recomiendan el ejercicio físico de manera adecuada, aparte de las limitaciones del tiempo en la atención de los pacientes.

## **Recomendaciones**

Se hace necesario realizar investigaciones en esta población con estas y otras patologías para aumentar la información desde el punto de vista clínico, los beneficios de la actividad física en este grupo etario con diferentes enfermedades asociadas.

Es indispensable implementar planes de actividad física estructurados, orientados y evaluados por profesionales del ejercicio y la actividad física en las instituciones prestadoras de salud (IPS), y no seguir recomendando la sola caminata diaria sin control y seguimiento alguno, dado que si bien es benéfica, se debe dosificar, la intensidad, frecuencia duración, tipo de actividad física, progresión de la misma.

Se recomienda hacer proyectos de investigación con una muestra mayor, tomar la muestra probabilística, para poder extrapolar los resultados a otras poblaciones con características similares.

Es conveniente que el personal de salud indague en todo paciente por el nivel de actividad física realizado diariamente, de esta manera poder recomendar la actividad física adecuada a cada persona, con ello se podría mejorar calidad y expectativa de vida.

## Referencias Bibliográficas

- Alter, M. (2004). Los estiramientos. Desarrollo de ejercicios. Barcelona: Paidotribo.
- Álvarez, J., & Hernández, S. (2011). *Cardioproteccion endógena en la rehabilitación cardiovascular, 17(Suplemento 1)*. (R. C. Cardiología, Ed.)
- American Collage of Sport Medicine, ACSM. (2011). Reference manual for the control and exercise prescription. EE.UU. : Lippincott Williams y Wilkins. .
- Angelino, A., & cols. (2010). Consenso argentino de prueba ergométrica graduada. *78(1)*. (R. A. Cardiol., Ed.) Buenos Aires.
- Arboleda, S., Patiño, F., & De Paz, J. (2014). Envejecimiento, masa muscular y entrenamiento de la fuerza. *(19)*. (U. P. Revista Lúdica Pedagógica, Ed.) Bogotá.
- Aristizabal, J. (Febrero de 2006). Primer consenso nacional de prevención cardiovascular. Bogotá: Revista colombiana de cardiología.
- Asociación Médica Mundial. (1964). Declaración de Helsinki de la principios éticos, para las investigaciones médicas en seres humanos. 18° Asamblea Médica Mundial .
- Ballón, C., & Gamboa, A. (2008). El hombre y la actividad física. *34(2)*. (R. P. Cardiología, Ed.)
- Bautista, L., Vera, L., Villamil, L., Silva, S., & Peña, I. &. (2002). *Factores de riesgo asociados con la prevalencia de hipertensión arterial en adultos de Bucaramanga, Colombia* (Vol. 44). Salud Publica Mex . Recuperado el 25 de marzo de 2015, de <http://www.insp.mx/salud/index.html>
- Belziti, C. (2007). Precondicionamiento isquémico. *75(5)*. (R. A. Cardiol., Ed.) Buenos Aires.
- Bono, R. (2012). Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Barcelona, España: Facultad de Psicología

Universidad de Barcelona.

Burgos, R. (2006). *Enfoque terapéutico global de la sarcopenia*, 21(Supl.3). (N. Hosp., Ed.)

Madrid, España.

Burgos, R. (2006). Sarcopenia en ancianos. 52(5). (E. y. Nutrición, Ed.)

Byrd, J. (2015). Resistance to recommending exercise in hypertension? 29, 340–341. *Journal of*

*Human Hypertension*.

Caballero, D. (2009). Rehabilitación cardiovascular. Medellín: Rev. Universidad de Antioquia.

Caja de Compensación Familiar de Santander, CAJASAN. (2010). *Estadísticas de la IPS pacientes de la nueva EPS*. Bucaramanga.

Cáliz, O. (2000). *Boletín epidemiológico distrital* (Vol. 15).

Cedré, M., & Hernández, R. (2010). Comportamiento de los valores de consumo de oxígeno en pacientes con cardiopatía isquémica. 15(145). (E. R. Digital, Ed.) Buenos Aires.

Chmelo, E., Crotts, C., Newman, J., Brinkley, T., Lyles, M., Leng, X., . . . Nicklas, B. (2015).

Heterogeneity of Physical Function Responses to Exercise Training in Older Adults. 63, 462-469. (J. A. Soc, Ed.)

Comité Nacional para el Adulto Mayor, CONAMA. (2012). Instituto del envejecimiento. Guía de ejercicios para el envejecimiento saludable. Chile.

Contreras, C. (2011). La Coordinación y el Equilibrio dentro de la educación física actual.

16(158). (E. R. Digital, Ed.) Buenos Aires. Recuperado el 15 de agosto de 2015, de <http://www.efdeportes.com>

De Laserna, F. (2010). Insuficiencia cardíaca crónica. Buenos Aires: Federación Argentina de Cardiología.

De Miguel, J., Schweiger, I., De las Mozas, O., & Hernández, J. (2011). Efecto del ejercicio

- físico en la productividad laboral y el bienestar. *20(2)*, 589-604. *Revista de Psicología del Deporte*.
- Del Valle, H., Negroni, J., & Lascano, E. (2003). Precondicionamiento isquémico clásico. *32*, 377-399. (R. F. Cardiol, Ed.)
- Delmonte, H. (2008). Prescripción del ejercicio físico en el adulto sano, medicina ejercicio y deporte. *1a*. Buenos Aires: Fundación favaloro.
- Dimeo, F., Pagonas, N., Seibert, F., Arndt, R., Zidek, W., & Westhoff, T. (2012). Aerobic Exercise Reduces Blood Pressure in Resistant Hypertension. *60*, 653-658. (Hypertension, Ed.)
- Duncker, D., & Bache, R. (2012). *Regulation of Coronary Blood Flow During Exercise*, *88(3)*, 1009-1086. *Physiological Reviews*.
- Duperly, J., & Anchique, C. (2006). *Actividad Física y prevención Cardiovascular. Texto de medicina interna, sección II cardiología, Capítulo 20*. Bogotá: Asociación colombiana de medicina Interna.
- Dvorkin, M., Cardinali, D., & Lermoli, R. (2010). Bases fisiológica de la práctica médica, Best and Taylor. *14a*. Buenos Aires: Panamericana.
- Fleg, J. (2012). Aerobic exercise in the elderly: a key to successful aging. *13(70)*, 223-228. *Discov med*.
- Fuster, V. (2007). *Cardiopatía Coronaria e Hipertensión Arterial. I*. España: Mcgraw Hill.
- Fuster, V., Ross, R., & Topol, E. (1997). *Aterosclerosis y enfermedad arterial coronaria*. Barcelona: Springer-verlag Iberica.
- García, C., Mondragón, P., Morales, M., & Medina, M. (2011). Ejercicio físico con ritmo: intervención de enfermería para el control de la hipertensión arterial en un municipio del

estado de México. *15(4)*. Esc Anna Nery.

García-Martos, M., Calahorra, F., Torres, G., & Lara, A. (2010). Efectos de un programa de entrenamiento mixto sobre la condición física en mujeres jóvenes con sobrepeso.

*10(Supl)*, 11-16. Cuadernos de Psicología del Deporte.

Girón, R. (2010). La actividad física para las Personas mayores. (*147*). (R. digital, Ed.) Buenos Aires.

Goldhaber, S. (2012). El tromboembolismo venoso y la enfermedad arterial Coronaria comparten muchas similitudes. *41*, 3-4. Rev Fed Arg Cardio.

Grupo de Trabajo para el manejo de la hipertensión arterial de la Sociedad Europea de Hipertensión. (2013). Guía de práctica clínica de la ESH/ESC 2013 para el manejo de la hipertensión arterial. (R. E. Cardiol, Ed.) *66(10)*, 880.e1-880.e64. Recuperado el 5 de

marzo de 2015, de

[http://pdf.revespcardiol.org/watermark/ctl\\_servlet?\\_f=10&pidet\\_articulo=90249392&pidet\\_usuario=0&pcontactid=&pidet\\_revista=25&ty=38&accion=L&origen=cardio&web=www.revespcardiol.org&lan=es&fichero=25v66n11a90249392pdf001.pdf](http://pdf.revespcardiol.org/watermark/ctl_servlet?_f=10&pidet_articulo=90249392&pidet_usuario=0&pcontactid=&pidet_revista=25&ty=38&accion=L&origen=cardio&web=www.revespcardiol.org&lan=es&fichero=25v66n11a90249392pdf001.pdf)

Hawkins, S., & Wiswel, R. (2013). Rate and Mechanism of maximal Oxygen Consumption Decline with Aging. Implications for Exercise Training. *33(12)*, 877-888. Sports Med.

Haykowsky, M., Brubaker, P., Stewart, K., Morgan, T., Eggebeen, J., & Kitzman, D. (2012).

Effect of Endurance Training on the Determinants of Peak Exercise Oxygen Consumption in Elderly Patients With Stable Compensated Heart Failure and Preserved Ejection Fraction. *60(2)*. (J. o. Cardiology, Ed.)

Hernández, S., & al., e. (2011). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.

Jensen, M., Suadicani, P., Hein, H., & Gyntelberg, F. (17 de abril de 2013). Elevated resting

- heart rate, physical fitness and all-cause mortality: a 16-year follow-up in the openhagen Male Study. . 99, 882–887. Heart.
- Kisner, C., & Colby, L. (2005). Ejercicio terapéutico. Barcelona: Paidotribo.
- Lavalle, L. (2010). Revisión bibliográfica sobre las pruebas de evaluación de la potencia aeróbica en las pruebas de campo. (G. sobreentrenamiento, Ed.) Recuperado el 2 de agosto de 2015, de <http://g-se.com/es/evaluacion-deportiva/articulos/revision-bibliografica-sobre-las-pruebas-de-evaluacion-de-la-potencia-aerobica-en-pruebas-de-campo-244>
- Liang, M., & Hsing, L. (2014). Aerobic Exercise Prescription for Older Population: A Short Review. 4, pág. 201.
- Lobos, J., & Royo, M. (2011). European Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice CEIPC 2008 Spanish Adaptation.
- Martínez, E. (2000). Ejercicio físico y salud. 13(4). IATREIA/ Revista de la facultad de medicina de la facultad de Medicina U de A.
- Ministerio de Salud. (1993). Resolución 8430 (octubre 4), por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.
- Ministerio de Salud Pública de Colombia. (2014). *Boletín epidemiológico. Colombia enfrenta epidemia de enfermedades cardiovasculares y diabetes*. Bogotá, D.C.: Boletín de Prensa No 077.
- Morales, M. (2012). La actividad física y el ejercicio físico en la prevención y el tratamiento de la hipertensión arterial. Sociedad Argentina de Hipertensión Arterial, fascículo de actualización.
- Moreus, J., & Macaya, C. (2007). Fisiopatología del miocardio isquémico. Importancia de la

frecuencia cardiaca. 7, 19-25. (R. E. Cardiol, Ed.)

Organización Mundial de la Salud. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. Suiza: OMS. Recuperado el 5 de marzo de 2015, de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44441/1/9789243599977\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44441/1/9789243599977_spa.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (2014). *Las 10 causas principales de defunción en el mundo*. Nota descriptiva n° 310. Recuperado el 21 de marzo de 2015, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/es/>

Pescatello, L., MacDonald, H., & Lamberti, L. &. (2015). *Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research*. (Vol. 17). Curr Hypertens Rep.

Pitanga, F., & Lessa, I. (2010). Asociación entre Actividad Física en el Tiempo Libre y Presión Arterial en Adultos. *18(5)*, 145-152. Rev Soc Bras Cardio.

Radak, Z., Zhao, Koltai, E., Ohno, H., & Atalay, M. (1 de apr de 2013). Oxygen Consumption and Usage During Physical Exercise: The Balance Between Oxidative Stress and ROS-Dependent Adaptive Signaling. *Antioxid Redox Signal. 18(10)*, 1208–1246.

Ramos, C., Santos, A., Ochoa, M., Peña, N., & Ramos, R. (2010). Comportamiento fisiológico cardiorrespiratorio en el adulto mayor durante el ejercicio físico. Recuperado el 28 de marzo de 2015, de <http://www.cocmed.sld.cu/no143/no143rev01.htm>

Rodríguez, A., Reyes, L., Correa, A., González, N., Gil, M., & Rodríguez, Y. (2010). Beneficios del ejercicio físico en el adulto mayor con enfermedades asociadas. *2(2)*, 102-108. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: CorSalud, Revista del Hospital Universitario Dr. Celestino Hernández Robau.

Roig, J. (2002). La sarcopenia algo más que la pérdida de masa muscular. Recuperado el 13 de

noviembre de 2015, de [www.sobreentrenamiento.com](http://www.sobreentrenamiento.com)

Roncancio, M. (2010). Efecto del ejercicio en la variabilidad de la frecuencia cardiaca. *20(1)*, 24-32. (R. C. Rehabilitación, Ed.)

Santa, M. (2014). El consumo de oxígeno del miocardio y su papel en la programación del ejercicio. (G. sobreentrenamiento, Ed.) Recuperado el 26 de agosto de 2015, de [www.sobrenrenamiento.com](http://www.sobrenrenamiento.com)

Sarmiento, J. (2006). *Actividad Física y Salud en Colombia. IX Congreso Sudamericano de Medicina del Deporte*. Buenos Aires.

Sikiru, L., & Okoye, G. (2013). Effect of interval training programme on pulse pressure in the management of hypertension: a randomized controlled trial. *13(3)*, 571-578. (A. H. Sciences, Ed.)

Sociedad Española de Cardiología. (2012). *El consumo de oxígeno y el Consumo miocárdico de oxígeno*. Recuperado el 20 de marzo de 2015, de [http://www.elblogde cardiología/cardiología-deporte-mioc](http://www.elblogdecardiología/cardiología-deporte-mioc)

Tomoshige, H., Kei, T., & Chika, S. e. (1999). Walking to Work and the Risk for Hypertension in Men: The Osaka Health Survey. *131(1)*, 21-26. *Ann Intern Med*.

Van Der, P., Cheg, T., Stats, M., Korda, R., Banks, E., & Bauman, A. (2012). Sitting time and all-cause mortality risk in 22497 Australian adults. *172(6)*, 494-500.

Van Empel, V., Mariani, J., Borlaug, B., & Kaye, D. (2014). Impaired Myocardial Oxygen Availability Contributes to Abnormal Exercise Hemodynamics in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. (J. o. Association, & JAHA, Edits.)

Varela, E. (2007). Aspectos epidemiológicos de la hipertensión arterial, rev colom cardio, guías colombianas para el diagnóstico y tratamiento de la HTA. Bogotá: Boletín 1.



## Anexos

## Anexo 1. Tabla General de Datos

## Grupo Intervención

VO2Max preT	Vo2 Max PosT	D (desp-ant)	GENERO	GLUCEMIA	COLESTT	HDL	CREATININA	EKG	HEMOGR	TRIGLICERIDI
16,18	35,39	19,21	F	90	200	38	1.0	normal	normal	150
35,39	35,39	0	F	108	198	45	1.1	brd	normal	170
24,54	35,39	10,85	F	120	212	48	1.1	brd	normal	180
24,54	24,54	0	F	115	214	29	1.07	normal	normal	155
46,95	46,95	0	M	119	219	49	1.2	normal	normal	130
24,54	35,39	10,85	F	120	149	47	1.04	extrasi auric	normal	200
24,54	24,54	0	F	124	250	30	1.07	normal	normal	201
16,18	24,54	8,36	F	87	221	29	1.2	normal	normal	120
24,54	24,54	0	M	89	206	49	1.3	normal	normal	174
46,95	46,95	0	F	98	189	43	1.03	normal	normal	184
46,95	46,95	0	M	105	198	59	1.5	bri	normal	185
16,18	35,39	19,21	F	109	246	28	1.4	normal	normal	200
16,18	24,54	8,36	F	119	200	58	1.34	normal	normal	99
16,18	24,54	8,36	F	100	189	51	1.24	normal	normal	120
16,18	35,39	19,21	F	118	170	39	1.4	normal	normal	138
24,54	35,39	10,85	F	121	169	41	1.01	brd	normal	171
35,39	35,39	0	F	109	267	36	1.06	bri	normal	190
24,54	35,39	10,85	F	114	248	42	1.09	brd	normal	130
24,54	35,39	10,85	F	104	240	49	1.1	bri	normal	163
12,1	16,18	4,08	F	101	269	39	1.3	normal	normal	152
25,8565	32,9085	7,052								
10,95804692	8,438954335	6,986400022								

## Grupo Control

MVO2 pos D (desp-ant)	VO2 Max pre	VO2 Max pos	D (desp-ant)	GENERO	GLUCEMIA	COLESTT	HDL	CREATININA	EKG	HEMOGR	TRIGLICE
15,97248	0,49068	24,54	24,54	0 F	109	200	40	1.0	normal	normal	160
20,1348	4,02696	24,54	24,54	0 F	129	201	50	1.1	normal	normal	155
16,2432	0,2538	24,54	24,54	0 F	109	204	39	0.59	brd	normal	170
27,18198	4,1877	35,39	24,54	-10,85 F	100	190	29	1.1	normal	normal	152
13,3245	-4,79682	35,39	24,54	-10,85 M	103	156	46	1.0	normal	normal	128
23,78952	-0,96444	35,39	24,54	-10,85 M	88	189	40	0.9	bri	normal	140
23,45112	2,74104	35,39	35,39	0 M	85	188	43	0.98	normal	normal	200
28,4256	5,4144	35,39	46,95	11,56 M	100	170	47	0.79	normal	normal	203
16,1163	0,95598	35,39	24,54	-10,85 F	102	205	39	0.78	bri	normal	120
19,89792	-2,25036	35,39	35,39	0 F	130	203	38	0.8	normal	normal	172
21,79296	-3,23172	16,18	16,18	0 F	106	159	49	1.2	normal	normal	181
20,71008	-1,29438	24,54	24,54	0 F	104	200	50	1.4	normal	normal	196
19,6272	2,09808	24,54	35,39	10,85 F	100	178	39	1.0	normal	normal	98
27,10584	-0,54144	24,54	24,54	0 F	123	199	44	0.89	brb	normal	119
23,75568	0	24,54	24,54	0 F	101	169	43	0.69	extrasi	normal	129
12,9438	0	16,18	16,18	0 F	104	187	60	0.88	normal	normal	173
26,19216	2,60568	35,39	35,39	0 F	108	180	45	0.91	normal	normal	170
16,97076	-6,48036	24,54	24,54	0 F	103	170	50	0.88	normal	normal	125
15,96402	-3,88314	35,39	35,39	0 F	88	176	29	0.68	normal	normal	154
30,33756	1,7343	24,54	24,54	0 F	89	170	41	0.9	normal	normal	159
20,996874	0,053298	28,5865	27,537	-1,0495							
5,1702334	3,115614457	6,773782489	7,437315659	6,07071094							

MVO<sub>2</sub> Y VO<sub>2</sub> INTERVENCION

NOMBRE	MVO2 PRET	MVO2 POST	D (desp-ant)	NOMBRE	VO2Max pre	Vo2 Max Pos	D (desp-ant)
NS	18,84042	19,6272	0,78678	NS	16,18	35,39	19,21
TM	19,6272	15,61716	-4,01004	TM	35,39	35,39	0
IA	22,842	17,766	-5,076	IA	24,54	35,39	10,85
CD	22,70664	15,5664	-7,14024	CD	24,54	24,54	0
DS	23,0112	19,30572	-3,70548	DS	46,95	46,95	0
AA	23,28192	18,47664	-4,80528	AA	24,54	35,39	10,85
ML	21,92832	19,08576	-2,84256	ML	24,54	24,54	0
SM	17,32608	23,4765	6,15042	SM	16,18	24,54	8,36
AS	21,62376	16,7508	-4,87296	AS	24,54	24,54	0
DV	26,11602	18,2736	-7,84242	DV	46,95	46,95	0
GS	31,26816	23,75568	-7,51248	GS	46,95	46,95	0
BD	25,27848	22,74048	-2,538	BD	16,18	35,39	19,21
PC	15,38874	18,67968	3,29094	PC	16,18	24,54	8,36
MA	15,5664	21,28536	5,71896	MA	16,18	24,54	8,36
AV	19,5426	18,55278	-0,98982	AV	16,18	35,39	19,21
LV	20,304	19,66104	-0,64296	LV	24,54	35,39	10,85
FA	26,20062	25,8876	-0,31302	FA	35,39	35,39	0
TB	18,7812	18,9504	0,1692	TB	24,54	35,39	10,85
CG	25,58304	20,1771	-5,40594	CG	24,54	35,39	10,85
GH	16,55622	14,92344	-1,63278	GH	12,1	16,18	4,08
Media			-2,160684	Media			7,052
DesvEst			4,02545218	DesvEst			6,98640002
PRUEBA T PAREADA PARA MVO2				PRUEBA T PAREADA PARA VO2			
n	20	d0	0	n	20	d0	0
	t prueba	-2,40044402			t prueba	4,51412783	
alfa	0,05			alfa	0,05	cola derecha	0,95
	t calculado	-1,72913281			t calculado	1,72913281	
	valor p	0,01339016			valor p	0,99988127	

MVO<sub>2</sub> Y VO<sub>2</sub> CONTROL

NOMBRE	MVO2 pre	MVO2 pos	D (desp-ant)	NOMBRE	VO2 Max pre	VO2 Max po	D (desp-ant)
SM	15,4818	15,97248	0,49068	SM	24,54	24,54	0
EP	16,10784	20,1348	4,02696	EP	24,54	24,54	0
ZS	15,9894	16,2432	0,2538	ZS	24,54	24,54	0
AP	22,99428	27,18198	4,1877	AP	35,39	24,54	-10,85
JM	18,12132	13,3245	-4,79682	JM	35,39	24,54	-10,85
GV	24,75396	23,78952	-0,96444	GV	35,39	24,54	-10,85
EPL	20,71008	23,45112	2,74104	EPL	35,39	35,39	0
CA	23,0112	28,4256	5,4144	CA	35,39	46,95	11,56
MJ	15,16032	16,1163	0,95598	MJ	35,39	24,54	-10,85
EP	22,14828	19,89792	-2,25036	EP	35,39	35,39	0
MR	25,02468	21,79296	-3,23172	MR	16,18	16,18	0
BS	22,00446	20,71008	-1,29438	BS	24,54	24,54	0
MO	17,52912	19,6272	2,09808	MO	24,54	35,39	10,85
MD	27,64728	27,10584	-0,54144	MD	24,54	24,54	0
CA	23,75568	23,75568	0	CA	24,54	24,54	0
BV	12,9438	12,9438	0	BV	16,18	16,18	0
AL	23,58648	26,19216	2,60568	AL	35,39	35,39	0
BO	23,45112	16,97076	-6,48036	BO	24,54	24,54	0
MA	19,84716	15,96402	-3,88314	MA	35,39	35,39	0
CE	28,60326	30,33756	1,7343	CE	24,54	24,54	0
Media			0,053298	Media			-1,0495
DesvEst			3,11561446	DesvEst			6,07071094
PRUEBA T PAREADA PARA MVO2				PRUEBA T PAREADA PARA VO2			
n	20	d0	0	n	20	d0	0
	t prueba	0,07650366			t prueba	-0,77313954	
alfa	0,05			alfa	0,05	cola derecha	0,95
	t calculado	-1,72913281			t calculado	1,72913281	
	valor p	0,53009087			valor p	0,22447608	

**Anexo 2. Protocolo de Bruce y Bruce modificado**

## Protocolo de Bruce

Estadio	Velocidad (mph)	% de inclinación	Duración
I	1.7	10%	3'
II	2.5	12%	3'
III	3.4	14%	3'
IV	4.2	16%	3'
V	5.0	18%	3'
VI	5.5	20%	3'

## Protocolo de Bruce Modificado

Estadio	Velocidad (mph)	% de inclinación	Duración
I	1.7	0%	3'
II	1.7	5%	3'
III	1.7	10%	3'
IV	2.5	12%	3'
V	3.4	14%	3'
VI	4.2	16%	3'
VII	5.0	18%	3'
VIII	5.5	20%	3'

### **Anexo 3. Escala de Borg modificada**

0	Nada
1	Muy leve
2	Leve
3	Moderado
4	Algo fuerte
5	Fuerte o intensa
6	Muy fuerte
7	Muy fuerte
8	Muy fuerte
9	Duro
10	Muy muy fuerte

#### **Anexo 4. Fórmula de Karvonen**

$$\text{FC a un \% de intensidad} = (\text{FC Max} - \text{FC reposo}) * \% \text{ de trabajo} + \text{FC reposo}$$

FC a un % de intensidad = frecuencia cardiaca esperada, cuando se trabaja a un % de trabajo dado

FC Max = frecuencia cardiaca máxima, generalmente se calcula utilizando la fórmula 220-edad en años

FC de reposo= frecuencia cardiaca sin realizar actividad física, se toma al momento de levantarse

% de trabajo= la exigencia física que deseamos trabajar, expresada en % del  $\text{VO}_{2\text{max}}$

## **Anexo 5. Formato de consentimiento informado para participar en proyecto de investigación**

Investigador principal \_\_\_\_\_

Sede donde se realizará el estudio \_\_\_\_\_

Nombre del participante \_\_\_\_\_

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender las siguientes aclaraciones. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

### **Aclaraciones**

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee -aun cuando el investigador responsable no se lo solicite-, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al

investigador responsable.

- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada participante, será mantenida con estricta confidencialidad por el investigador.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado anexa a este documento.

### **CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

\_\_\_\_\_.

Firma de la Participante \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

#### **Esta parte debe ser completada por el investigador (o su representante)**

He explicado al Sr(a) \_\_\_\_\_ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar

investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Firma del Investigador \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

## **Anexo 6. Formato de consentimiento informado para realizar la prueba de esfuerzo**

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_ Médico \_\_\_\_\_

Consentimiento informado con el fin de evaluar el rendimiento funcional y la capacidad del corazón, pulmones y vasos sanguíneos, esta persona acepta voluntariamente realizar una prueba de esfuerzo.

Antes de la prueba, se le harán preguntas y será examinado por un médico. Se le hará un electrocardiograma (EKG) para ver si puede o no hacer la prueba, tras lo cual el paciente caminará sobre un tapiz rodante, aumentando la velocidad e inclinación, cada 3 minutos, hasta que los límites del cansancio, disnea, dolor torácico u otros tengan tal gravedad que haya que detener la prueba.

Los riesgos de la prueba, son cambios de ritmo y de los latidos cardíacos y la posibilidad de cambios excesivos en la presión arterial. Existe una posibilidad remota de desvanecimiento y otra más remota de un ataque cardíaco. La supervisión de los profesionales protege de lesiones, al ofrecer medidas de precauciones apropiadas, en el caso casi improbable de que estas precauciones sean insuficientes, se dispondrá de un tratamiento hospitalario de emergencia.

Los beneficios de la prueba. Son la valoración cuantitativa de la capacidad de trabajo y la valoración de los trastornos o enfermedades que empeoran la capacidad, cuyo conocimiento facilita el tratamiento y un pronóstico más preciso de futuros episodios cardíacos. Queda asegurado el derecho a retirarse de la prueba en cualquier momento, con impunidad, así como el derecho a que la información, sea confidencial y se mantenga alejado del personal no médico.

Además de participar en esta prueba de esfuerzo el paciente da permiso para que su nombre figure en futuros estudios de control evolutivo.

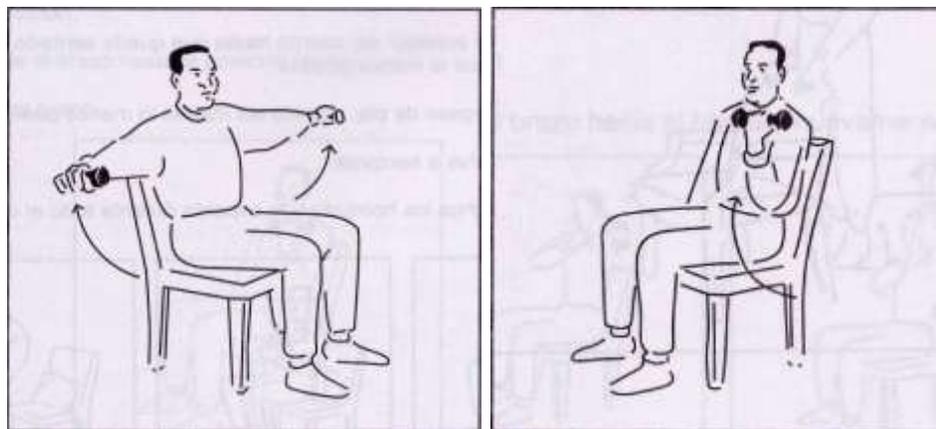
**Consentimiento**

Después de haber leído la información que figura arriba y habiendo tenido la oportunidad de hacer preguntas manifiesto mi consentimiento a someterme a la prueba.

Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_ Firma del paciente \_\_\_\_\_

Testigo \_\_\_\_\_

## Anexo 7. Ejercicios para mejorar la fuerza

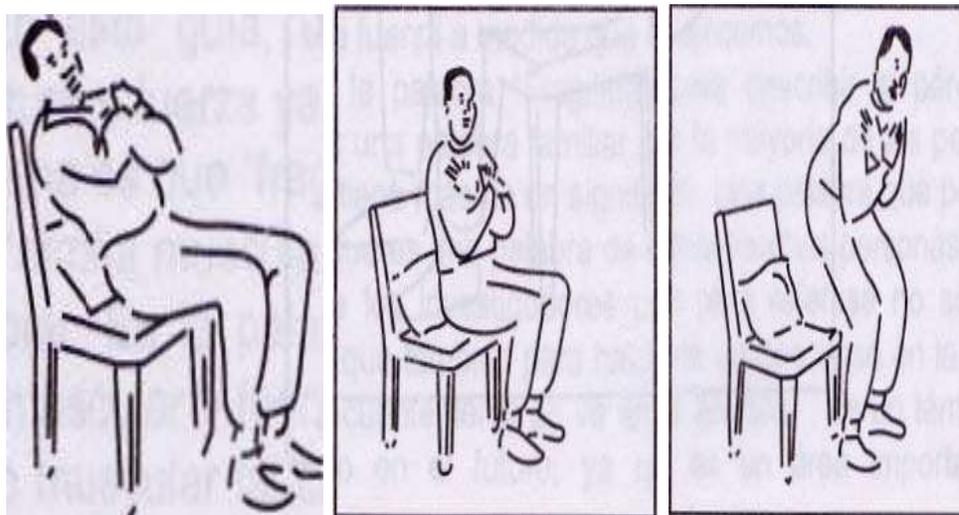


A

B

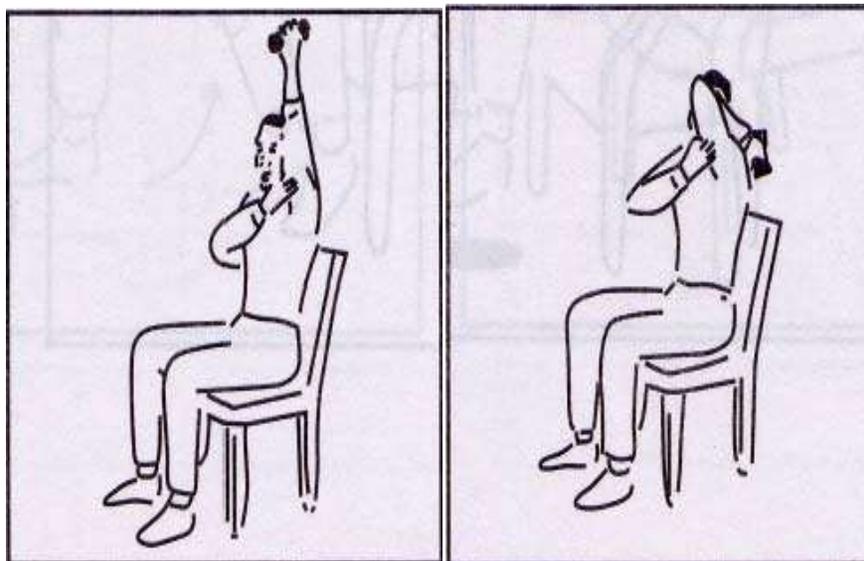
**A, fortalecimiento de hombros. B. Fortalecimiento de Bíceps braquial.**

Fuente: CONAMA (2012).



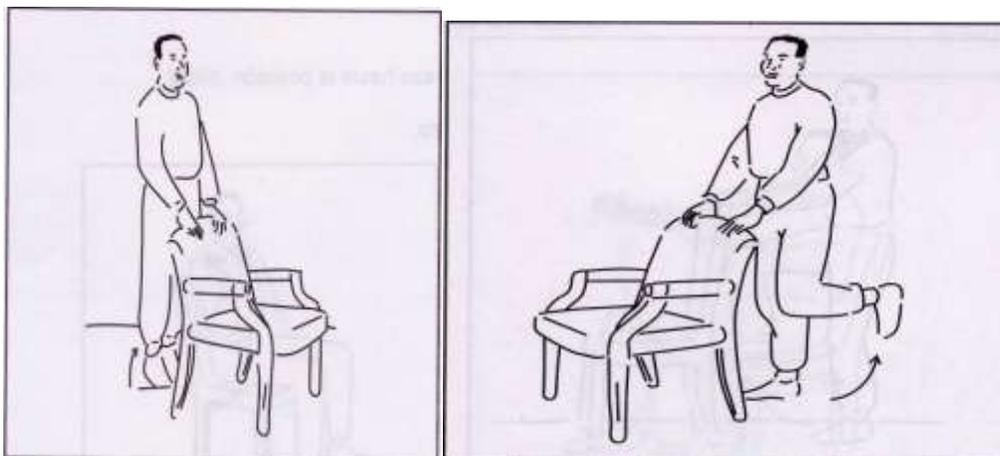
**Levantarse de una silla** (fortalecimiento de músculos de abdomen y muslo)

Fuente: CONAMA (2012).



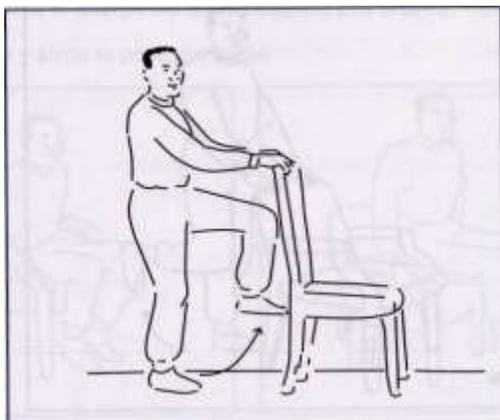
**Extensión de tríceps.**

Fuente: CONAMA (2012).



**Flexión plantar.** (Fortalecimiento posterior de muslo)

**Flexión de rodilla** (fortalecimiento región de tobillo y gemelos)



**A.**

**A. Flexión de cadera.** Fortalece músculos de cadera y muslo



**B.**

**B. Flexión de hombros.** Fortalece músculos de hombro

Fuente: CONAMA (2012).



**A. Extensión de cadera**



**B. extensión de cadera**

Fuente: CONAMA (2012).