



Universidad de Valladolid

**Escuela Universitaria
de Fisioterapia**

Campus de Soria

ESCUELA UNIVERSITARIA DE FISIOTERAPIA

Grado en Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

**APLICACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE EJERCICIO FÍSICO EN
LA RECUPERACIÓN TRAS UNA CARDIOPATÍA ISQUÉMICA.**

Alumno: Sara Seguin Mateos

Tutor: Alfredo Córdova Martínez

Soria, a 24 de Junio de 2015

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I. JUSTIFICACIÓN	7
II.OBJETIVOS	8
II.1 Objetivo General	8
II.2. Objetivos Secundarios	8
III. INTRODUCCIÓN.....	9
III.1.Enfermedades Cardiovasculares	9
<u>III.1.1 Breve repaso a la anatomía y fisiología del corazón</u>	9
<u>III.1.2. Cardiopatías isquémicas</u>	12
III.1.2.1 <i>Cuadros clínicos</i>	12
<u>III.1.3. Epidemiología</u>	14
III.2. Rehabilitación Cardiaca	15
<u>III.2.1. Historia de la Rehabilitación Cardiaca</u>	15
<u>III.2.2 Beneficios</u>	16
<u>III.2.3. Fases de Rehabilitación Cardiaca</u>	17
<u>III.2.4. Contraindicaciones de la RC</u>	18
<u>III.2.5. Prueba de Esfuerzo</u>	22
III.3. Ejercicio Físico	23
<u>III.3.1.Tipos de ejercicio</u>	24
<u>III.3.2. Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio</u>	25

III.3.2.1. <i>Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio dinámico</i>	25
III.3.2.2 <i>Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio estático</i>	28
<u>III.3.3. El ejercicio interválico de alta intensidad como nueva técnica en RC.</u>	28
III.3.4. Papel del Fisioterapeuta en la prescripción y realización del ejercicio .. .	
.....	31
IV.MATERIAL Y MÉTODOS	31
<u>IV.1. Criterios de inclusión</u>	32
<u>IV.2.Criterios de exclusión</u>	33
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIÓN	35
VII.BIBLIOGRAFÍA.....	36
ANEXOS	42
Anexo I. Fórmulas para el cálculo de la FC _{máx}	42

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACV= Accidente cerebrovasculares

AP= Angina de pecho

CF= Capacidad Funcional

CI = Cardiopatía Isquémica

DAI= Desfibrilador Automático interno

ECG= electrocardiograma

ECV = Enfermedades Cardiovasculares

FC = Frecuencia Cardíaca

FCmax= Frecuencia cardiaca máxima

GC = Gasto Cardíaco

HIIT= ejercicio interválico de alta intensidad

IAM = Infarto Agudo de Miocardio

LPM = Latido por Minuto

Nodo AV= Nódulo Auriculo ventricular

Nodo SA= Nódulo Sinusal

O₂= Oxígeno

OMS = Organización Mundial de la Salud

PA= Presión Arterial

PAS = Presión Arterial Sistólica

PE= Prueba de Esfuerzo

PRC = Programas de Rehabilitación Cardíaca

RC= Rehabilitación cardiaca

TA = Tensión Arterial

VO₂= Volumen de oxígeno

VS= Volumen sistólico

RESUMEN.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son una de las principales causas de muerte en los países desarrollados. Años atrás, a los pacientes que sufrían un episodio cardíaco se les aconsejaba como tratamiento el reposo absoluto. Sin embargo, hoy día sabemos que el ejercicio físico mejora la calidad de vida de las personas que han padecido una cardiopatía isquémica.

Los programas de rehabilitación cardíaca (PRC) han ido evolucionando, desde el ejercicio aeróbico de resistencia tradicional, hasta el ejercicio de interválico de alta intensidad (HIIT).

El objetivo de este trabajo es conocer cómo, a través del ejercicio físico y sus nuevas variantes, se produce una mejoría en la calidad de vida de los pacientes cardiopatas.

Para ello se ha realizado una búsqueda (no sistemática) en la base de datos "PubMed", "Google académico", "Dialnet", "Enfispo" y "Cochrane," en las que se utilizaron términos de búsqueda : "*Heart disease*", "*Cardiac Rehabilitation*" y "*Effectiveness*" "*Exercise*" "*Training*" "*high-intensity interval training*" "*Cardiology*" "*Myocardial Infarction*" y los términos "*Rehabilitación cardíaca*", "*Infarto de miocardio*" "*Cardiología*" "*Ejercicio*" "*Entrenamiento*" "*Entrenamiento interválico de alta intensidad*". Tras la lectura de los artículos revisados y a la vista de ello, se amplió la búsqueda para profundizar en aspectos puntuales de tratamiento y diagnóstico, consultando también "Tesis Doctorales" y "TFGS" a los que se hacía referencia en los trabajos resultantes de la búsqueda.

Conclusiones.

La mejoría aportada por el ejercicio y en concreto el HIIT, a nivel del sistema cardiovascular, son claramente satisfactorias para que el paciente pueda continuar con su vida normal e incluso más saludable. No obstante, actualmente, se ha de tener en cuenta que los programas de HIIT no están totalmente admitidos para todo tipo de pacientes, por lo que tampoco es conveniente dejar de lado los PRC que se basan en un ejercicio de resistencia continuo de manera tradicional.

PALABRAS CLAVE: *Infarto de miocardio, Rehabilitación cardíaca, Ejercicio físico, Entrenamiento.*

ABSTRACT.

Cardiovascular diseases (CVD) are one of the main death causes in developed countries. Years ago, patients with cardiac events were advised to have an absolute rest treatment. However, nowadays it is known that physical activity improves the life quality of people who have suffered from an ischemic cardiopathy.

Cardiac Rehabilitation programmes (CRP) have evolved, from traditional resistance aerobic exercises to the high intensity interval training (HIIT)

The objective of this Project is to know how, by physical activity and its new variants, they cause an improvement in the life quality of heart disease patients.

To do this, we have done a searching (no systematic) in the data bases "Pubmed", "Academic Google", "Dialnet", "Enfispo" y "Cochrane", in which some seeking terms such as "Heart disease", "Cardiac Rehabilitation" and "Effectiveness", "Exercise", "Training" "high-intensity interval training", "Cardiology", "Myocardial infarction". After a reading of what was reviewed and looking through it, we extend the research to deepen in concrete aspects of treatment and diagnosis, consulting "doctoral thesis" and "TFGS" referred to in the results of the research.

Conclusions.

Improvements that exercise, specially HIIT, cause in the patient at cardiovascular level are clearly satisfying to the patient to be able to continue with his/her life in a normal or, even in a healthier way. Nevertheless, nowadays HIIT programmes are not completely admitted for all type of patients, that's why it is not correct to leave CPR, which are based on a resistance constant exercise in a traditional way, out.

KEY WORDS: *Cardiac Rehabilitation, Physical Exercise, Myocardial Infarction, Training.*

I. JUSTIFICACIÓN.

Resulta especialmente interesante estudiar cómo a través del ejercicio físico podemos prevenir y tratar las enfermedades cardiovasculares (ECV). Estas, representan una de las primeras causas de morbilidad y mortalidad en nuestro país. Variaciones negativas en la alimentación y la escasa realización de ejercicio físico, ha provocado un aumento en la evolución de estas patologías.

En la prevención primaria y secundaria, uno de los factores más importantes para frenar la evolución y el desarrollo de las ECV es el ejercicio. Mediante la prevención primaria, se intenta modificar los hábitos de vida, con una alimentación adecuada y la práctica habitual de ejercicio. Mientras que en la prevención secundaria, los programas de rehabilitación cardíaca (PRC), forman parte casi de manera obligada en el tratamiento de patologías cardíacas, y ofrecen al paciente un ámbito terapéutico integrado por un equipo multidisciplinar.

En este equipo se encuentra el Fisioterapeuta, y su papel es fundamental, coordinado con el resto de los miembros, para adaptar el entrenamiento y sus distintos parámetros (frecuencia, duración, modalidad, intensidad y progresión) al estado clínico y a las características personales del paciente.

Se trata de conseguir el máximo beneficio en cuanto a pronóstico y calidad de vida del paciente. Por supuesto el fisioterapeuta también se ocupa de reconocer las situaciones especiales en las que no es conveniente practicar ejercicio o en las que se recomienda suspenderlo.

II.OBJETIVOS

II.1 Objetivo general.

El objetivo principal de este trabajo es conocer, cómo, a través del ejercicio físico y la implantación de nuevas modalidades de este en la rehabilitación cardiaca (RC), se produce una mejoría en los pacientes cardiópata.

II.2. Objetivos Secundarios.

1. Conocer cómo la evolución de la RC
2. Aclarar el papel que desempeña el fisioterapeuta en el equipo multidisciplinar
3. Reconocer las adaptaciones del organismo al ejercicio y cómo influye este en el bienestar de las personas
4. Reconocer los casos en los cuales la práctica de ejercicio está contraindicada.

III. INTRODUCCIÓN.

III.1. Enfermedades Cardiovasculares.

III.1.1 Breve repaso a la anatomía y fisiología del corazón.

El corazón es un órgano musculoso que se encuentra en la cavidad torácica, en el mediastino anterior, formado por cuatro cavidades, 2 aurículas y 2 ventrículos, siendo el ventrículo izquierdo la cavidad más grande y fuerte. ^(1,2) Tiene forma de cono invertido, y tiene su “ápex” desviado ligeramente hacia la izquierda. Está envuelto en una membrana de dos capas (pericardio fibroso y pericardio seroso) ⁽¹⁾ denominada pericardio.

La vena cava superior e inferior y las venas pulmonares son las encargadas de llevar la sangre al corazón. Las primeras son las que recogen la sangre venosa de todo el cuerpo y desembocan en la aurícula derecha, mientras que las venas pulmonares, llevan la sangre oxigenada de los pulmones, desembocando en la aurícula izquierda. Los vasos que se ocupan de sacar la sangre del corazón, son la arteria pulmonar, que sale del ventrículo derecho y lleva la sangre sin oxigenar a los pulmones, y la arteria aorta, que sale del ventrículo izquierdo y distribuye la sangre oxigenada por el cuerpo. ⁽³⁾ (Figura 1)

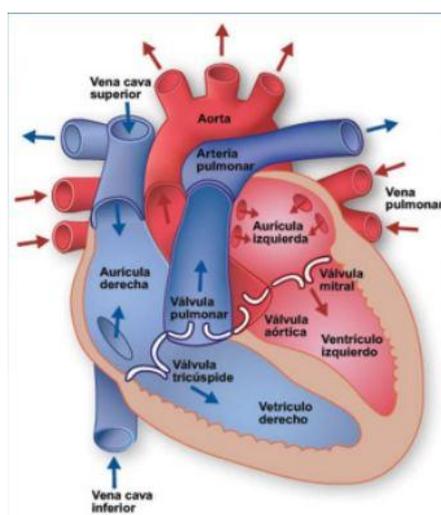


Figura 1. Anatomía cardíaca.

En el interior del corazón hay válvulas entre cada una de sus cavidades evitando que la sangre refluya. Hay cuatro estructuras valvulares: dos auriculoventriculares (mitral y tricúspide), que comunican cada aurícula con su ventrículo, y dos válvulas sigmoideas, la aórtica y la pulmonar, a la salida de los ventrículos. ⁽²⁾

Durante el ciclo cardíaco hay una fase de relajación o diástole, en la cual el corazón se llena de sangre, y una fase de contracción o sístole, durante la cual se expulsa la sangre contenida en los ventrículos. ⁽¹⁾

El corazón, tiene su propio sistema de irrigación, este, está formado por las arterias y venas coronarias, que nutren al corazón en fase de diástole asegurando así, que las células cardíacas tengan el suficiente aporte de oxígeno y nutrientes. (Figura 2)

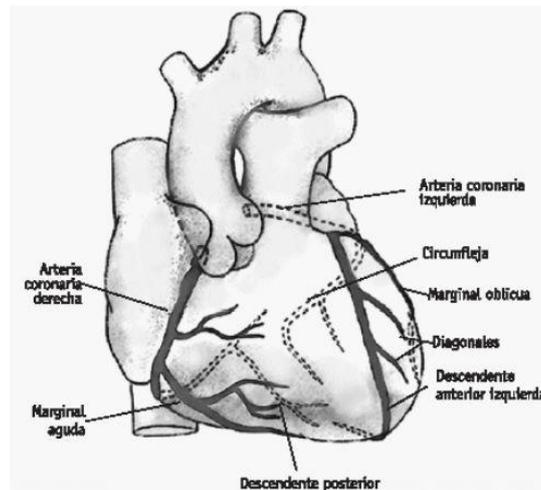


Figura 2. Irrigación del corazón

Por otra parte las fibras musculares del corazón, tienen la capacidad de contraerse rítmicamente por sí mismas, pero deben ser coordinadas por señales eléctricas para que el corazón desarrolle un ritmo efectivo. ⁽⁴⁾ Ello corre a cargo del sistema de excitación y conducción en el que existen cuatro estructuras que están especializadas en generar y conducir los impulsos (Figura 3):

- Nódulo sinusal o nodo SA, que es el marcapasos del corazón
- Nódulo auriculoventricular (AV)
- Haz de His

- Fibras de Purkinje

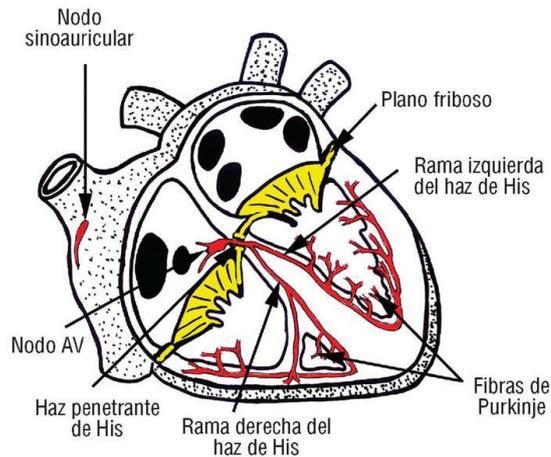


Figura3. Sistema de excito conducción

La conducción del impulso nervioso comienza en el nódulo SA. Desde allí, el impulso se extiende a través de las aurículas provocando su contracción. Cuando el impulso llega al nódulo AV, este se transmite al Haz de His y las fibras de Purkinje hasta los ventrículos, provocando su contracción.

La actividad eléctrica del corazón queda registrada formando una serie de ondas, que se corresponden específicamente con la contracción o la relajación del corazón, recogidas mediante el denominado electrocardiograma (ECG) (Figura 4)

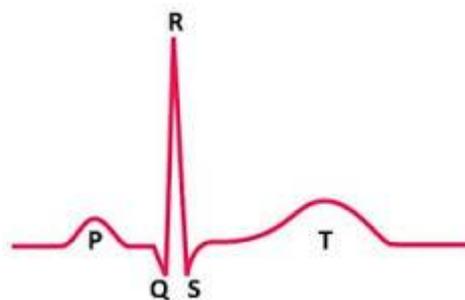


Figura 4. Ondas del ECM

- Onda P: representa la despolarización (contracción) de ambas aurículas.
- Complejo QRS: representan la despolarización de los ventrículos.
- Onda T: Representa la repolarización (relajación) de los ventrículos.

III.1.2. Cardiopatías isquémicas.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) comprenden una variedad de condiciones que afectan al corazón y a los vasos sanguíneos⁽⁵⁾ Varían en su etiología, manifestaciones clínicas y en su impacto sobre la salud. Podemos encontrar, cardiopatía isquémica (CI), enfermedades vasculares cerebrales, enfermedades vasculares periféricas y la cardiopatía reumática.⁽⁵⁾ Sin embargo la CI, es la que origina un mayor número de muertes.

La CI se trata de un desequilibrio entre el aporte y demanda de oxígeno, acompañado de depósitos de placas de colesterol o ateromas en las arterias coronarias, lo que se denomina aterosclerosis.^(6,7,8) Cuando las placas van creciendo obstruyen el vaso y disminuyen su calibre, lo que conlleva que cada vez pase menos sangre. Los distintos cuadros clínicos de la CI son el infarto agudo de miocardio (IAM), la angina de pecho (AP) y la muerte súbita. La principal diferencia entre ellos, es que en el IAM se produce necrosis del tejido y en la AP no.^(7,9)

Los principales factores de riesgo de la CI son la hipercolesterolemia, la hipertensión y el hábito de fumar. Pero también es necesario tener en cuenta, factores genéticos, ambientales, enfermedades previas como la diabetes o la obesidad, el sedentarismo, el estrés, factores homeostáticos como niveles altos del factor VII del fibrinógeno, músculo cardíaco dañado, enfermedad de las válvulas cardíacas, enfermedades del músculo cardíaco, infección del corazón y/o de las válvulas cardíacas, ritmo cardíaco anormal (arritmias) y abuso de drogas o alcohol.⁽¹⁰⁾

III.1.2.1 *Cuadros clínicos:*

a) Angina de pecho (AP).

Síndrome que se caracteriza por dolor constrictivo de localización típicamente retroesternal, desencadenado por el esfuerzo o las emociones. Se acompaña a menudo de una reacción neurovegetativa importante (palidez, sudoración, vómitos y náuseas), cede con el reposo

(si es de esfuerzo) o con la administración de nitroglicerina sublingual. Se trata de una isquemia transitoria del miocardio, producida por una estenosis de alguna de las arterias coronarias debido a lesiones aterosclerosas que obstruyen el vaso.⁽⁷⁾

b) Infarto agudo de miocardio (IAM).

El IAM se define como la necrosis del musculo cardíaco producida por una isquemia prolongada, causada por la interrupción del flujo arterial coronario. Se pone de manifiesto por la triada del dolor anginoso prolongado, alteraciones electrocardiográficas y elevación enzimática. Aunque hay que señalar que hay un número elevado de infartos silentes.⁽⁷⁾ Este síndrome coronario agudo, se comporta como un síndrome inflamatorio.

La función cardiaca normal, depende de cuatro factores que regulan el gasto cardiaco (GC). Los factores que lo regulan son la contractilidad, la precarga, la postcarga y la frecuencia cardiaca (FC).

- Precarga: fuerza que distiende el músculo relajado y condiciona el grado de alargamiento de la fibra antes de contraerse, es decir, la carga que hace que el músculo se estire, recuperando su longitud inicial antes de la contracción.
- Postcarga: tensión que se opone al vaciamiento ventricular, fuerza que debe superar el ventrículo para abrir las válvulas sigmoideas y permitir la salida de la sangre.
- Contractilidad: capacidad intrínseca de acortamiento de la fibra miocárdica.
- FC: número de veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado en un determinado tiempo

De acuerdo con lo que acabamos de exponer, encontramos también otras causas de la CI (Tabla 1).⁽¹¹⁾

Tabla 1. Otras causas de la cardiopatía isquémica (CI).

AUMENTO DE LA PRECARGA	Insuficiencia de las válvulas auriculo-ventriculares. Insuficiencia de las válvulas sigmoideas Shunts intra- o extracardiacos Situaciones de hipervolemia.
DISMINUCIÓN DE LA PRECARGA	Estenosis de las válvulas auriculo-ventriculares Pericarditis y taponamiento cardiaco Miocardiopatía hipertrófica Miocardiopatía restrictiva Situaciones de Hipovolemia
AUMENTO DE LA POSTCARGA	Coartación del Aorta Hipertensión arterial sistémica o pulmonar Estenosis de las válvulas sigmoideas
TRASTORNO DE LA CONTRACTILIDAD	Cardiopatía isquémica crónica Miocardiopatía dilatada Miocarditis aguda
ALTERACIONES DEL RITMO CARDIACO	Taquicardias Bradicardias

III.1.3. Epidemiología

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se calcula que en 2008 murieron por esta causa 17,3 millones de personas, representando un 30% de todas las muertes registradas en el mundo; 7,3 millones de esas muertes se debieron a la cardiopatía coronaria, y 6,2 millones a los accidentes cerebrovasculares (ACV). Se calcula que en 2030 morirán cerca de 23,3 millones de personas por ECV.⁽¹²⁾ De todas ellas, las que más incidencia presentan son las cardiopatías coronarias.

En 2013 hubo más de 100.000 casos de síndrome coronario agudo en España. De estos, 85.326 fueron hospitalizados, de los que 39.086 fallecieron durante los primeros 28 días, siendo el diagnóstico más común el del IAM, en el 81% de los casos.⁽¹³⁾

La mayoría de estas enfermedades pueden prevenirse actuando sobre los factores de riesgo: el consumo de tabaco, las dietas malsanas, la obesidad, la inactividad física, la hipertensión arterial, la diabetes o el consumo inadecuado y excesivo de lípidos. Sin embargo, hemos de tener en cuenta que

podemos encontrar un gran número de personas asintomáticas que corren grave riesgo de padecer ECV.

Los datos epidemiológicos, indican que la prevalencia de cardiopatía isquémica en nuestro país va en descenso en los últimos años debido al control de los factores de riesgo, sin embargo, continúa en el primer lugar entre las causas de muerte.

III.2. Rehabilitación Cardíaca.

III.2.1. Historia de la Rehabilitación Cardíaca

La filosofía de los Programas de Rehabilitación Cardíaca (PCR) consiste en enseñar a los pacientes que ya padecen la enfermedad cardíaca, a vivir plenamente con ella. ⁽¹⁴⁾ Según la OMS los PCR se definen como “el conjunto de medidas necesarias para asegurar a los cardiopatas una condición física, mental y social óptima que les permita ocupar por sus propios medios un lugar tan normal como sea posible dentro de la sociedad “

A principios del siglo XX, se tendía a utilizar el reposo físico como parte fundamental del tratamiento de casi todas las enfermedades, entre ellas las cardiopatías y fundamentalmente en las CI y el IAM. Hasta los años 1950-1960, se creía que el reposo absoluto era necesario durante largo tiempo en la mayoría de los pacientes que sufrían cardiopatías, como el IAM o tras las intervenciones quirúrgicas de corazón. ⁽¹⁵⁾ Sin embargo, es llamativo que ya los griegos recomendaban realizar ejercicio físico en todo tipo de patologías. En el siglo XVII el ruso Nacovich Ambodick escribió en 1786: "El cuerpo privado de movimiento, se deteriora como el agua estancada”.

Hoy en día, la Rehabilitación Cardíaca (RC) es un proceso multifactorial, con un programa que comprende varios factores:

- Programa físico
- Programa psicológico
- Programa educativo
- Programa social

El PCR está enfocado a largo plazo y busca una serie de metas adicionales como son: la mejoría de la función ventricular, la perfusión miocárdica, la reducción de la progresión de la aterosclerosis, y reducir el

estrés, la ansiedad y la depresión.⁽¹⁶⁾ Además, un objetivo básico de la RC es buscar la independencia del paciente, y así mejorar la capacidad física, crear hábitos de ejercicio, modificar los factores de riesgo, disminuir los lípidos en sangre, el peso corporal y mejorar la presión arterial.⁽¹⁶⁾

Los PRC van enfocados normalmente a pacientes que han sufrido un infarto de miocardio (Post-infarto), a pacientes que han sufrido una cirugía de revascularización miocárdica y a aquellos que han sufrido una angina de pecho estable. Actualmente se ha extendido a pacientes sometidos a angioplastias, cirugías valvulares, arritmias cardíacas, trasplantes cardíacos, pacientes portadores de desfibriladores automáticos internos (DAI) o a pacientes con insuficiencia cardíaca independientemente de su origen.

Para el desarrollo del PCR, hay un equipo multidisciplinar formado por, el médico cardiólogo, el fisioterapeuta, el enfermero, el psicólogo, el trabajador social y el terapeuta ocupacional.⁽¹⁷⁾

III.2.2. Beneficios.

- Mejora funcional y tolerancia al ejercicio ⁽¹⁸⁾
- Mejora psicológica. Disminuye el miedo, la ansiedad y el estrés.
- Mejora de los síntomas. El enteramiento físico de la RC disminuye la intensidad de la agina de pecho y atenúa los síntomas de IC en pacientes con disfunción ventricular izquierda.⁽¹⁸⁾
- Mejoría de la actividad sexual. Puede que esto sea posible porque requieren menor medicación, ya que algunos medicamentos utilizados en Cardiología disminuyen la actividad sexual o incluso pueden provocar impotencia, o bien por la mejoría psicológica y de la calidad de vida.⁽¹⁸⁾
- Mejoría a nivel de factores de riesgo. Los PRC disminuyen el consumo de tabaco, manteniéndose el hábito de no fumar por más tiempo. También disminuyen la TA sistólica en reposo y en los niveles submáximos de esfuerzo.⁽¹⁹⁾
- Reducción de la mortalidad.^(18,19) Pacientes post- IAM que siguieron un PRC, mostraron una reducción de la mortalidad del 25%, en un seguimiento de 3 años. Se observó tras realizar un PRC multifactorial,

que incluye actividad física, educación, consejos y modificaciones del estilo de vida

III.2.3. Fases de Rehabilitación Cardíaca

- Fase I. Periodo en el que el paciente está internado en el hospital (6 a 14 días después de sufrir un IAM o después de una cirugía) La educación se inicia inmediatamente y se realizan ejercicios que se caracterizan por un movimiento amplio de los miembros superiores, ejercicios en la cama, levantarse, sentarse y caminar por el pasillo del hospital. Hay que tener en cuenta que la intensidad de la actividad física es determinada previamente por el médico responsable. Lo que se busca en esta fase es evitar que haya una pérdida de masa muscular, es decir, evitar un desacondicionamiento físico, que suele ocurrir en periodos prolongados en cama.^(18,19)

- Fase II. Esta segunda fase abarca los 2-3 primeros meses tras el alta, después de la prueba de esfuerzo inicial. Se realiza en unidades hospitalarias o clínicas cardiológicas, según el riesgo basal del paciente. Se lleva el control adecuado sobre los factores de riesgo con métodos de deshabituación tabáquica, orientación dietética, control de peso, etc. Durante este período el paciente realiza ejercicio aeróbico de forma supervisada. Los programas suelen incluir ejercicios para aumentar la fuerza y la flexibilidad musculares, dirigidos por fisioterapeutas, de acuerdo a las necesidades y posibilidades de cada individuo. Hay que tener en cuenta, que los ejercicios isométricos están desaconsejados porque este tipo de esfuerzo produce sobrecarga sistólica del ventrículo izquierdo y aumenta bruscamente la demanda miocárdica de oxígeno.^(18,19,20)

- Fase III. La tercera fase de mantenimiento es de duración ilimitada y se realiza usualmente en el domicilio o en gimnasios preparados. El centro de Rehabilitación Cardíaca suele ser responsable de la prescripción del

ejercicio ambulatorio, que ya puede incluir algunos ejercicios isométricos, y del seguimiento periódico.⁽¹⁸⁾

III.2.4. Contraindicaciones de la RC

Se incluyen las situaciones en las que el ejercicio supone un riesgo importante, como la angina inestable, la hipertensión grave, el aneurisma de aorta, la embolia pulmonar reciente, la estenosis aórtica grave y la respuesta inadecuada de la tensión arterial durante el esfuerzo, acompañado de síntomas que sugieran disfunción ventricular izquierda importante.

Existen condiciones que pueden considerarse contraindicaciones temporales, como la insuficiencia cardíaca descompensada y las arritmias supraventriculares. Puede haber complicaciones que aparezcan como consecuencia de una mala prescripción del ejercicio, aumentando considerablemente cuando se sobrepasan el 80% de la capacidad funcional aeróbica máxima o el 85% de la frecuencia cardíaca máxima. Podemos encontrar, la fibrilación ventricular, el infarto de miocardio y la muerte súbita. Algunas de ellas pueden aparecer durante o después de las sesiones de ejercicio, por lo que se recomienda continuar la supervisión también durante los períodos de reposo y 15 minutos después de haber finalizado la actividad.

III.2.5. Prueba de Esfuerzo

Antes de realizar o de comenzar la RC, es necesario que el paciente, pase una prueba de esfuerzo (PE). El ejercicio constituye una prueba para descubrir las alteraciones cardiovasculares no presentes en el reposo. El aumento de la demanda de oxígeno del miocardio por encima de lo que puede aportar en situación patológica de la circulación coronaria puede desencadenar isquemia.⁽²¹⁾

La PE puede realizarse mediante varios métodos siendo el cicloergómetro y el tapiz rodante los más utilizados.

- El cicloergómetro o bicicleta ergométrica es una bicicleta estática con freno mecánico o electromagnético (trabajo constante e independiente de la frecuencia de pedaleo) que es más fiable porque depende menos

de la colaboración del paciente. La carga de trabajo puede ser regulada en watios o en kilopondímetros por minuto (6 kpm/min = 1 watt).

Este tipo de esfuerzo mediante cicloergómetro tiene un inconveniente, y es que necesita cierto grado de entrenamiento para realizarlo de forma adecuada. El paciente generalmente no está acostumbrado a realizar ciclismo por lo que es frecuente que aparezca fatiga precoz en los cuádriceps, gemelos, soleo e isquiotibiales, por tanto la prueba de esfuerzo se suspenderá antes de lo previsto. Sin embargo, tiene a su favor el hecho de que tienen un menor precio, menor tamaño y son más silenciosos que los equipos con tapiz rodante. ^(22,23)

- El tapiz rodante, cinta sin fin o *treadmill* es un aparato que permite desarrollar el esfuerzo de una forma más natural (andar), por lo que es el más utilizado. Durante la prueba el paciente camina a distintas velocidades y pendientes según el protocolo usado. Tiene como inconvenientes que es un aparato más caro, requiere mayor espacio y el trazado ECG puede ser menos estable debido a los movimientos.

Sin embargo, es un ejercicio más fisiológico, al que el paciente está más acostumbrado y que no necesita aprendizaje previo, la fatiga de un solo grupo muscular no es tan decisiva e importante como en la realizada sobre cicloergómetro. Es conveniente que la cinta tenga pasamanos a ambos lados y una barra frontal, aunque el apoyo en ellos facilita el trabajo del paciente aumentando el tiempo de esfuerzo y falseando la capacidad funcional calculada (incrementándola hasta en un 20%).

El consumo de oxígeno alcanzado en tapiz es algo superior al obtenido en bicicleta. La frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA) son similares en ambos métodos. ^(22,23)

La sala para la PE debe estar ubicada en un lugar de fácil acceso y con posibilidad de una rápida evacuación, bien ventilada y seca que favorezca la dispersión del sudor y el calor que provoca el ejercicio, manteniendo una temperatura próxima a los 21 °C, ya que las variaciones ambientales pueden cambiar la respuesta del organismo al esfuerzo, en especial si la temperatura es superior a los 25 °C. Es conveniente disponer de una camilla y toma de

oxígeno, así como de un carro de parada cardiaca, preparado por si hubiera alguna complicación.

El registro de la FC es una de las maneras de controlar la intensidad del esfuerzo que está realizando el organismo. ^(24,25) Tomar la FC es la manera más común de seguir el ejercicio de todo tipo de personas, ya sean sedentarias, deportistas, personas mayores o cardiopatas. Esto, se justifica, porque es de un registro sencillo, pudiéndose establecer con el mismo, la actividad física de forma individualizada. ^(26, 27,28)

La FC máxima (FCM) es un parámetro que se utiliza para determinar el esfuerzo y la intensidad del ejercicio. ^(29,30) A la hora de obtener la frecuencia máxima de cada paciente hay discusión. De forma más común se suele realizar el cálculo restando a 220 la edad del paciente. ^(31,32) Al 85% de esta teórica frecuencia máxima se le denomina frecuencia submáxima y hasta hace cierto tiempo era el mínimo que se aceptaba para concluir que una prueba de esfuerzo era válida. Esta forma de calcular la frecuencia máxima no es empleada por todos los autores, que utilizan otras fórmulas que pueden dar a un mismo paciente distintas frecuencias máximas puesto que tienen en cuenta diferentes niveles de entrenamiento. ^(31,32) (Tabla 2)

Por lo que para ellos, la FC máxima, se mueve en valores más altos que en los de las personas sedentarias.

Tabla2. Diferentes ejemplos fórmulas para el cálculo de la FCM (Ampliado Anexo I)

Hombres y mujeres sedentarios	FCM: $211 - 0,8 \text{ edad}$
Hombres y mujeres activos	FCM: $207 - 0,7 \text{ edad}$
Hombres y mujeres entrenados	FCM: $205 - 0,41 \text{ edad}$
Mujeres Jóvenes deportistas de competición	FCM: $216 - 1,09 \text{ edad}$
Hombres Jóvenes deportistas de competición	FCM: $202 - 0,55 \text{ edad}$

Entre los distintos protocolos empleados para la realización de la PE, los más utilizados son los multietapas, que se componen de varias fases de unos 2-3 minutos de duración y en las que se va aumentando progresivamente la carga de trabajo, que tiene su medida en METS (siendo ésta la cantidad de O₂

consumida por 1 kilogramo de peso corporal en un minuto por un individuo en reposo, y equivale 1 kcal/kg/hora, 1 METS = 2-4 mol/kg/min). Entre estos tipos de protocolo se encuentran el protocolo de Bruce (tabla 3) que es de los más utilizados en el ámbito internacional. El protocolo de Sheffield, o de estadios o fases más cortas como el protocolo de Naughton con fases de 2 minutos. El test de Balke-Ware emplea fases de tan sólo un minuto. ^(21,23)

Tabla3. Protocolo de Bruce

FASE	DURACIÓN (MIN)	VELOCIDAD (Km/h)	PENDIENTE (%)	METS
1	3	2.7	10	4.6
2	3	4.0	12	7.0
3	3	5.5	14	10.3
4	3	6.8	16	13.6
5	3	8.1	18	15.0
6	3	8.8	20	17.0
7	3	9.7	22	19.5

No todos los pacientes, pueden realizar un PE, hay una serie de contraindicaciones, que pueden ser relativas y absolutas:

- Contraindicaciones **absolutas**:
 - Infarto agudo miocardio (2 días).
 - Angina inestable no estabilizada con terapia médica
 - Estenosis aórtica severa sintomática
 - Insuficiencia cardíaca descompensada
 - Arritmias ventriculares graves
 - Miocarditis, pericarditis
 - Disección aórtica aguda
- Contraindicaciones **relativas** :
 - Estenosis tronco coronaria izquierda
 - Estenosis aórtica moderada
 - Hipertensión arterial severa
 - Miocardiopatía hipertrófica obstructiva

- Bloqueo AV de grado
- Alteraciones electrolíticas

III.3. Ejercicio Físico

Por supuesto que el ejercicio físico regular no representa la panacea para todas las dolencias de la humanidad, pero es reconocido que un programa de entrenamiento físico ayuda a mejorar la calidad de la vida del ser humano. Para poder apreciar los beneficios del ejercicio, el programa de entrenamiento debe seguir unos principios científicos y debe basarse en el resultado de la evaluación del estado de salud del participante, sus metas y la disponibilidad de elementos para desarrollarlo.

El concepto de prescripción de ejercicio se refiere al *“proceso mediante el cual a una persona se le diseña un programa de ejercicio en forma sistemática e individualizada (ACSM, 2014) ”*. Incluye la cuantificación de variables que determinan la dosis del ejercicios, tales como el tipo, frecuencia, duración, volumen y progresión (ACSM, 2014).⁽³⁴⁾

El sistema estructurado de programación de ejercicios, consiste en *“planificar, diseñar e implementar un conjunto movimientos iterativos que generan el organismo humano, con el fin de conservar u optimizar parte, o todos, los constituyentes de la aptitud física (ACSM, 2014) ”*. El fin fundamental para la mayoría de las prescripciones del ejercicio es aumentar o mantener la capacidad funcional del individuo. Esto permitirá que la persona pueda funcionar efectivamente en sus tareas físicas cotidianas y en su vida laboral.

Los propósitos particulares de la prescripción de ejercicio son:

- Mejorar los componentes de la aptitud física
- Asegurar la seguridad durante la participación en el programa de ejercicio
- Rehabilitación

A la hora de realizar la estructuración del programa de ejercicio y actividad física se ha de tener en cuenta, la población para la cual se diseña el ejercicio, la información preliminar que deben de conocer los candidatos al

programa de ejercicio, las bases para prescripción del ejercicio y la planificación del mismo.

En la actualidad, aún existe confusión sobre los conceptos de actividad física y ejercicio. Gran cantidad de profesionales y educadores en salud intercambian estos términos como sinónimos, sin embargo, es importante distinguir los conceptos (Tabla 4) (Caspersen, Powell y Christenson 1985).⁽³⁵⁾

Tabla 4: Conceptos Básicos Relacionados con el Nuevo Enfoque sobre el Impacto de la Actividad Física Regular en la Salud Pública.

Actividad Física	Cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que resulta en gasto energético.
Actividad Física Moderada	Aquella actividad que resulta en un gasto energético fluctuando entre 3 a 6METso de 150 a 200 kilocalorías (Kcal) por día.
Ejercicio	Aquella actividad física planificada, estructurada, repetitiva y dirigida hacia un fin, es decir, para el mejoramiento o mantenimiento de uno más de los componentes de la aptitud física.
Aptitud Física	Conjunto de atributos que las personas poseen o alcanzan relacionado con la habilidad para llevar a cabo actividades físicas.

III.3.1. Tipos de ejercicio.

- a) Aeróbico. Es aquel en el cual se utiliza oxígeno como elemento para la utilización de la energía. Mientras se realiza la actividad, se aumentan los requerimientos de oxígeno de los tejidos corporales. Normalmente se realiza a una intensidad moderada durante amplias sesiones de trabajo.
- b) Anaeróbico. Es aquel, en el que para la obtención de energía. No utiliza como combustible el oxígeno. Este tipo de ejercicio, es muy rápido, es de carácter explosivo, aumenta la potencia y la masa muscular.⁽³⁶⁾ Puede ser anaeróbico aláctico o láctico cuando se genera ácido láctico como desecho de la combustión.

- c) Dinámico o ejercicio cardiorespiratorio. Se utilizan grandes grupos musculares que se contraen de forma rítmica. El aumento del gasto cardíaco (GC) y de la ventilación (VE) son las variables que permiten atender la demanda que supone el ejercicio. Este tipo de ejercicio emplea la vía aeróbica como método para la obtención de energía. Cuando el ejercicio se realiza de forma progresiva, manteniendo una carga de trabajo estable durante cierto tiempo, el individuo es capaz de mantener un consumo de oxígeno (VO_2) estable. Sin embargo, cuando el sistema cardiorespiratorio no es capaz de atender a las demandas de oxígeno del organismo, se produce una producción del ácido láctico. El umbral anaeróbico según Mader (1976), se considera en 4mMol/l, concentración de lactato a partir de la cual, al incrementar la intensidad de trabajo, se dispara su producción a una velocidad por encima a su posible metabolización, provocando fatiga y la consecuente parada del ejercicio. Si conseguimos no llegar al umbral anaeróbico, se favorece mejorar la capacidad funcional, disminuir la sensación de fatiga y reduce la sintomatología cardíaca. ⁽³⁶⁾
- d) Estático. En este tipo de ejercicios no se produce movimiento de desplazamiento de la persona que lo realiza. La contracción de la musculatura es en estático isométrica, de manera que se produce un aumento de la tensión muscular sin cambio en la longitud del mismo ni movimiento en la articulación correspondiente. También se puede realizar la contracción muscular contra una resistencia leve, produciéndose un cambio en la longitud muscular y en la posición de la articulación (estático isotónico). ⁽³⁶⁾

III.3.2. Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio

La realización de ejercicio produce diversas adaptaciones fisiológicas y respuestas funcionales en el organismo que benefician tanto a las personas sanas como a pacientes que han sufrido una CI. ⁽³⁷⁾ La adaptación se produce como consecuencia del entrenamiento y se origina cuando las variaciones permanecen en el tiempo, bien sea consecuencia de una modificación de la

estructura, de la función o de ambos. La adaptación facilita una mejor respuesta frente a un mismo estímulo.

Las adaptaciones dependen de factores constitucionales (superficie corporal, peso, edad, sexo, genéticos) y factores externos (intensidad y duración del ejercicio). Cuando por ejemplo se realiza un ejercicio de tipo dinámico aeróbico (carrera de resistencia, natación, ciclismo) el sistema cardiovascular debe mantener un GC elevado durante un largo periodo de tiempo. Este tipo de entrenamiento es el que produce cambios más relevantes sobre nuestro organismo.

Las adaptaciones producidas irán encaminadas a aumentar el GC, que producirá un aumento de la capacidad de transportar O₂ a la musculatura que realiza la acción, además de modificarse y producirse una adaptación periférica para mejorar la circulación. Estos factores hacen que la actividad física sea la principal forma de prevenir y recuperar la CI. ⁽³⁶⁾

III.3.2.1. Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio dinámico

El principal objetivo del sistema cardiovascular es proporcionar un adecuado flujo de sangre oxigenada hacia los músculos que están realizando la actividad.

A. Cambios funcionales

La frecuencia cardiaca en condiciones normales, en un sujeto sano y activo, se puede situar aproximadamente entre los 60-80 latidos/minuto. En individuos sedentarios o de mediana/ avanzada edad, podemos encontrar alrededor de los 100 latidos/minuto. Sin embargo en deportistas de resistencia podemos encontrar valores de 45-60 latidos/minuto, como consecuencia de una hipertrofia benigna fisiológica del ventrículo izquierdo, que se acompaña de un incremento del VS. Hay que tener en cuenta que hay varios factores que pueden producir alteraciones de la FC, por ejemplo, la edad disminuye la FC, mientras que las altas temperaturas la aumentan.

Antes de realizar ejercicio muchas veces la FC aumenta, lo que se denomina respuesta anticipadora y se produce por una liberación de

catecolaminas. Por lo que no debe de tenerse en cuenta como FC en reposo, si no que se tendrá en cuenta la que se toma a primera horas de la mañana. La FC, comienza a disminuir entre 20-40 latidos/minuto tras 6 meses más o menos de entrenamiento. Por otra parte, la recuperación de la FC después de realizar ejercicio se reduce como consecuencia de la mejoría física que favorecen los factores de entrenamiento, lo que nos permite evaluar el progreso del mismo.

La presión arterial sistólica (PAS) aumenta durante el ejercicio, como consecuencia de un aumento del GC y del VO_2 , mientras que la tensión arterial diastólica, permanece igual o aumenta ligeramente. El ejercicio en personas entrenadas y saludables, produce un aumento de la presión arterial diferencial, aumentando la sistólica y disminuyendo la diastólica, produciendo esto, una disminución de la resistencia periférica general, para garantizar mayor riego sanguíneo y aporte de oxígeno a los tejidos que están trabajando.

Hay que tener en cuenta que la actividad física sistemática, mejora la calidad de las respuestas de las presiones diastólica y sistólica durante el ejercicio. En personas hipertensas leves o moderadas, la actividad física aeróbica es capaz de reducir en condiciones de reposo la presión arterial media. Si se produce un aumento de más de 15mmHg durante el ejercicio, se considera una respuesta anormal.

Además durante el ejercicio isométrico, las presiones reflejan un estado hipertensivo, con igual carga de trabajo, la presión sistólica es mayor cuando se realiza trabajo con miembro superior que con las piernas, esto es debido a que los brazos tienen menos masa muscular y menos vascularización.

B. Adaptaciones morfológicas del corazón:

- Dilatación. El aumento del tamaño en corazones entrenados alcanza el 35%. Los valores para el ventrículo izquierdo oscilan entre los 50 y los 60 mm; mientras que para el ventrículo derecho el rango oscila entre 11 y 33 mm (unos 17 mm para los sujetos normales y 22 para los atletas).

- Hipertrofia cardíaca simétrica. El grosor de la pared libre del ventrículo izquierdo (la posterior) se encuentra aumentado en torno a 8 y 14 mm (menor al 20%). El Aumento del volumen de las cámaras cardiacas, en el ejercicio aeróbico se debe al aumento del volumen plasmático que produce una

dilatación del ventrículo izquierdo sin engrosamiento de las paredes ventriculares (hipertrofia excéntrica), mientras que con el ejercicio anaeróbico se produce un engrosamiento de las paredes pero sin dilatación de las cavidades (hipertrofia concéntrica).

C. Aumento de la densidad capilar

Es proporcional al engrosamiento de la pared miocárdica, y se trata de uno de los aspectos que diferencia la hipertrofia fisiológica de la patológica. Además del fenómeno de capitalización, el entrenamiento de resistencia parece también aumentar el calibre de los vasos coronarios epicárdicos, en un intento de mantener una adecuada perfusión de la mayor masa miocárdica. ⁽³⁷⁾ Todo esto, conlleva a una mejora de la capacidad funcional del paciente, que se puede objetivar tanto por un aumento en la duración de la prueba de esfuerzo como por una mejora en el consumo máximo de O₂ (VO₂max). El VO₂max representa el mejor índice global de la máxima capacidad funcional cardiovascular y respiratoria y puede mejorar, tanto en adultos sanos como en cardiopatas en situación clínicamente estable, de un 15 a un 30% tras periodos de 6 meses a un año de entrenamiento. El aumento de la capilaridad oscila de un 30% a un 50% según el grado de entrenamiento y de la capacidad individual, aumentándose por lo tanto el tejido de intercambio entre la sangre y el tejido muscular, permitiendo una mejor utilización del oxígeno captado.

D. Cambios respiratorios.

Los cambios respiratorios son evidentes en el ámbito funcional. El paciente que está entrenado requiere movilizar menos aire para una misma carga de trabajo, lo que se traduce en una mayor eficiencia respiratoria.

E. Cambios en las fibras musculares.

El resultado del ejercicio se traduce en un incremento de la capacidad oxidativa y de resistencia a la fatiga de todas las fibras del músculo que realiza la

actividad, produciéndose también un aumento en el diámetro de las fibras, mayor en las tipo I que en las tipo II.

III.3.2.2. *Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio estático:*

Aunque se sabe que el ejercicio dinámico (aeróbico) presenta mayores ventajas que el ejercicio estático, éste último mejora de forma notable la fuerza muscular y aumenta la actividad metabólica basal, lo que en personas con sobrepeso (como suelen ser los cardiopatas), es beneficioso.

Diversos autores ^(36,37) apoyan los efectos beneficiosos del ejercicio isométrico con la utilización de cargas inferiores al 60% de la resistencia máxima, y sin que aparezcan: cambios en la función ventricular, incrementos de la tensión parietal del ventrículo izquierdo y signos de isquemia. Pese al aumento de la presión arterial, no deben producirse complicaciones.

Conforme el paciente realiza el entrenamiento, se consigue un aumento de la fuerza muscular en la musculatura entrenada, así como una disminución del GC para la misma carga de trabajo, siendo la respuesta de la presión arterial menor. Por lo que, encontraremos un ahorro en el VO₂ miocárdico. ⁽³⁶⁾

El ejercicio no puede revertir los daños causados en la pared ventricular, pero podemos encontrar múltiples evidencias que demuestran que una realización apropiada de ejercicio puede producir una influencia positiva.

III.3.3. El ejercicio interválico de alta intensidad como nueva técnica en RC

No todos los pacientes pueden realizar los mismos tipos de ejercicio, encontramos situaciones en las cuales está contraindicada la práctica de alguno. Por ello, es conveniente que haya una prescripción médica y un seguimiento para garantizar los resultados del programa.

Los podemos clasificar según producen una mejoría en la capacidad cardiorespiratoria: HIIT (ejercicio interválico de alta intensidad), ejercicio aeróbico continuo a intensidad moderada, entrenamiento de la musculatura respiratoria, entrenamiento combinado de resistencia y fuerza y entrenamiento básico de fuerza. ^(40,39)

Como ya hemos mencionado anteriormente, es el ejercicio aeróbico el más utilizado en las sesiones de RC, debido a todos los beneficios que produce en el organismo. Sin embargo a partir de los años 70, comienzan a aparecer diversos estudios y publicaciones que hacen hincapié en los beneficios del ejercicio de alta intensidad o ejercicio interválico (HIIT), que anteriormente se encontraba contraindicado en pacientes cardiopatas. ⁽⁴¹⁾

El ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT), se trata de un ejercicio que consiste en periodos repetidos de intensa actividad, a menudo cerca de o por encima de la capacidad aeróbica máxima, intercalados con periodos de recuperación. Este tipo de ejercicio induce a grandes cambios fisiológicos, como aumento del $VO_2\text{max}$ y adaptaciones metabólicas, etc.

El principio básico del método interválico, son cortos periodos de ejercicio a alta intensidad, produciendo un estímulo superior en la musculatura periférica, mejorando la fuerza sin crear riesgo a nivel cardiovascular. ⁽⁴²⁾ El HIIT utiliza periodos pequeños de tiempo, estresando menos el sistema cardiovascular, ya que las sesiones de trabajo oscilan entre 15-20 minutos.

Esto es algo clave a la hora de buscar la adhesión del paciente al programa de RC, puesto que salva la monotonía que puede producirse habitualmente en una sesión de entrenamiento de resistencia tradicional. Además, realizar HIIT produce una motivación en los pacientes, puesto que los resultados son bastante visibles, el cardiopata mejora su capacidad de realizar ejercicio y se siente mucho mejor. ^(41,42)

Beneficios que encontramos al realizar HIIT: ⁽⁴³⁾

- Aumento de la capacidad oxidativa de la musculatura esquelética
- Reducción de la producción de lactato durante el ejercicio
- Aumento de la capacidad lipolítica
- Aumento de la función vascular periférica
- Mejora la resistencia al ejercicio
- Aumento de los depósitos de almacenamiento de glucógeno en reposo.

Es importante destacar que no es la duración del ejercicio lo que reduce los factores de riesgo cardiovasculares, sino la intensidad del mismo. ⁽⁴⁴⁾

Podemos encontrar dos tipos de respuestas al HIIT, las respuestas agudas y las respuestas crónicas:

a) Agudas.

- Aumento de la FC
- Aumento de las catecolaminas, y hormona de crecimiento (ambas favorecen la lipólisis de los ácidos grasos), aumento de Cortisol.
- Aumento del Lactato sanguíneo.
- Disminución de fosfágenos musculares (ATP, Pcr)
- Depleción de los almacenes de glucógeno
- Aumento de la Glucosa circulante en sangre
- Disminución de la reactivación parasimpática por el esfuerzo. Esto es debido a que hay un aumento de la actividad simpática y elevación persistente de factores adrenérgicos y metabólicos

b) Crónicas.

Se producen cuando hay un cúmulo de estos efectos, pudiendo ser a nivel periférico (músculo esquelético) o a nivel central (cardiovascular) ⁽⁴²⁾

- A nivel central: se produce una mejoría de la función y capacidad cardiovascular aeróbica y anaeróbica.
- A nivel periférico:
 - Aumento de control glucémico y de la sensibilidad de la insulina
 - Aumento de la capacidad muscular oxidativa de los ácidos grasos
 - Aumento del almacenamiento de glucógeno en reposo
 - Mejoría de la función endotelial
 - Mejora de los componentes de la presión arterial en reposo
 - No hay evidencias de una mejora del nivel lipídico.

En el HIIT podemos diferenciar tres modalidades, de acuerdo con la intensidad del mismo:⁽⁴¹⁾

- a) Interválicos largos: duración 3-15 minutos, intensidad 85-90% VO_2 pico
- b) Interválicos medios: duración 1-3 minutos, intensidad 95-100% VO_2 pico.
- c) Interválicos cortos: duración 10 segundos-1 minuto, intensidad 100-120% VO_2 pico.

Se debe tener en cuenta unas variables necesarias para realizar una sesión correcta de rehabilitación con HIIT ⁽⁴²⁾

- Intensidad y duración del intervalo de esfuerzo o trabajo.
- Intensidad y duración del intervalo de recuperación entre series/repeticiones.
- Número de series y/o repeticiones.
- Volumen total de trabajo por sesión.
- Tipo de ejercicio cardiovascular.

Otro factor importante es el tiempo de recuperación que se le proporciona al paciente tras la realización del ejercicio.

Encontramos dos tipos de recuperación, la recuperación activa y la pasiva, siendo esta última la más beneficiosa para el paciente, permitiéndole aumentar el número de repeticiones de cada serie.

III.3.4. Papel del Fisioterapeuta en la prescripción y realización del ejercicio.

El papel del fisioterapeuta es clave dentro del PRC y del equipo multidisciplinar, ya que es el encargado de revisar y adaptar el entrenamiento físico dentro de sus distintos parámetros (frecuencia, duración, modalidad, intensidad y progresión) al estado clínico y a las características personales del paciente, puesto que como ya se ha indicado, no todos los pacientes pueden realizar todos los tipos de ejercicio, ni a la misma intensidad en todas las fases de la patología. Cada uno necesita un plan personal para conseguir el máximo beneficio y obtener una mejoría en su calidad de vida.

El Fisioterapeuta también puede intervenir en educación sanitaria y en apoyo psicológico al paciente.

IV.MATERIAL Y MÉTODOS.

Se ha realizado mediante una búsqueda (no sistemática) en la base de datos "PubMed", "Google académico", "Dialnet" y "Enfispo" y "Cochrane".

En primer lugar, se utilizó la base PubMed estableciendo los límites de publicación del artículo de hasta 10 años atrás, que estuvieran en Inglés, Francés, o Español. Se utilizaron en una primera búsqueda (no sistemática) los términos “*heart disease*”, “*Cardiac Rehabilitation*” y “*Effectiveness*” “*Exercise*” “*Training*” “*high-intensity interval training*” “*Cardiology*” “*Myocardial Infarction*”. En las búsquedas se empleó la operación Boleana AND para buscar las palabras juntas. Posteriormente utilizamos el resto de las bases de datos, Dialnet, Google Académico y Cochrane (en esta última se encontraron los mismos artículos que en PubMed) utilizando los términos de búsqueda: “*Rehabilitación Cardíaca*”, “*Infarto agudo de Miocardio*” “*Entrenamiento*” “*Ejercicio*” “*Efectividad*” y “*Cardiología*”.

Tras la lectura comprensiva de los artículos de interés, se amplió la búsqueda para profundizar en aspectos puntuales de tratamiento y diagnóstico para mejorar el trabajo. Se han consultado directamente literatura bibliográfica, también información por medio de sitios web especializados en rehabilitación, así como en “*Tesis Doctorales*” a los que se hacía referencia en trabajos resultantes de la búsqueda.

IV.1. Criterios de inclusión.

- Artículos que trataran el efecto del ejercicio físico en pacientes con patologías cardíacas.
- Artículos o estudios en los que se expusieran protocolos de rehabilitación cardíaca
- Artículos que incluyeran datos recientes sobre epidemiología de las ECV.
- Artículos que tuvieran el ejercicio físico aeróbico como base de la programas de rehabilitación.
- Artículos que expusieran los beneficios del ejercicio interválico en cardiópatas

Se utilizaron además, los filtros:

- Artículos científicos de estudios humanos
- Artículos científicos publicados en 10 años
- En alguna ocasión se utilizó el filtro “Free Full Text”.

IV.2.Criterios de exclusión.

- Artículos que tratasen el ejercicio físico en personas que no sufrían patologías cardíacas.
- Artículos que no basaran la rehabilitación cardíaca en programas de ejercicio físico

V. DISCUSIÓN.

Es evidente que en PRC el aspecto correspondiente al ejercicio físico pautado y bajo supervisión, constituye un punto clave. *Wenger NK et. al. (1995)* expone, que, en los años 1950-1960 se recomendaba el reposo absoluto durante largo tiempo en la mayoría de los pacientes que sufrían cardiopatías. Pero este concepto se ha desechado con el tiempo y encontramos una bibliografía muy extensa y rica en la que se hace notoria los beneficios del entrenamiento aeróbico en cardiópatas. En los años 90 Sosa et al ⁽¹⁸⁾ explicaban estos beneficios, utilizando el entrenamiento aeróbico como modelo de ejercicio en la rehabilitación cardíaca.

Sin embargo, otros autores ^(40,41,42) se centran en el ejercicio de alta intensidad, poniendo de manifiesto las evidencias científicas de este método. Estos demuestran que el HIIT produce una mejoría en este tipo de pacientes, con un menor volumen de entrenamiento total, esto es un punto a favor, puesto que ya , *Cardiel et al* ⁽⁹⁾ explican que el factor psicológico es muy importante en estos pacientes, y a la hora de afrontar la enfermedad y el PCR, en el HIIT el factor psicológico se ve reforzado al obtener resultados antes que en el método tradicional, siendo las sesiones de ejercicio más llevaderas, motivantes y favorecedoras en cuanto a la adhesión al tratamiento.

Es un método muy novedoso en los programas de rehabilitación cardíaca, pero actualmente, encontramos una mayor bibliografía que ampara el ejercicio aeróbico normal en pacientes cardiópatas frente al ejercicio interválico de alta intensidad.

Por otra parte la determinación de la FC_{máx} casi siempre está motivada por la necesidad de prescribir un programa de entrenamiento, ya sea para un PRC, o simplemente para ganar calidad de vida. La estimación de la FC_{máx} está basada en la fórmula $FC_{máx} = 220 - \text{edad}$ descrita por Haskell y Fox , 1970) ⁽³¹⁾.

Sin embargo, diversos autores como ^(31,32) publican estudios en los que señalan que usar de manera generalizada esta ecuación, es un error. La FC varía de unos sujetos a otros, en función de varios aspectos tales como: la edad, el grado de entrenamiento, el tipo de ejercicio que se realiza, si es sedentario, o si es hombre o mujer.

La ecuación elegida para estimar la FC_{máx} se debe escoger tras realizar un estudio y análisis crítico, por tanto, es necesario seleccionar la fórmula que estime con mayor exactitud la FC_{máx}, para que en el ámbito del PRC no se cometan errores graves en la planificación, y valorar el estado del paciente pudiendo prescribir el ejercicio con máxima seguridad.

VI. CONCLUSIONES.

Aunque en un primer momento se creía que el ejercicio interválico de alta intensidad, y el ejercicio isométrico, estaba contraindicado en pacientes con patologías cardiacas, diversos estudios recientes han demostrado que con un criterio optimo y un buen conocimiento en el campo del HIIT, así como una selección adecuada de los pacientes a los que se va a aplicar este tipo de ejercicio en su PRC, las mejoras que provocan en el paciente a nivel del sistema cardiovascular son claramente satisfactorias para que el paciente pueda continuar con su vida y sus hábitos de una manera normal.

No obstante, los programas de HIIT no están indicados para todo tipo de pacientes, por lo que tampoco es conveniente dejar de lado los PRC que se basan en un ejercicio de resistencia continuo de manera tradicional.

Es interesante compaginar ambos tipos de ejercicio siempre que sea posible en un PRC para obtener resultados más satisfactorios.

VII.BIBLIOGRAFIA

1. Córdova A. Fisiología Dinámica. Ed. Masson; Barcelona 2003.
2. Thibodeau G, Patton K, Estructura y función del cuerpo humano. Ed. Elsevier; Barcelona. 2008.
3. Texas Heart Institute. Anatomía del corazón. [on line] 2013 [consultado 6-5-15] Disponible en:
http://www.texasheartinstitute.org/HIC/anatomy_Esp/anato_sp.cfm
4. Sánchez D, Yen S, Anatomía de los nodos cardíacos y del sistema de conducción específico auriculoventricular. Rev. Esp Card. 2003; 56: 1085-92.
5. Sierra A, García R. Epidemiología y prevención de la cardiopatía isquémica. En Medicina Preventiva y Salud Publica. Ed: Masson. Barcelona.2001. 663-678
6. Espinosa S, Bravo JC, Gómez-Doblas JJ, Collantes R, González-Jiménez B, Martínez M, et al. Rehabilitación cardíaca postinfarto de miocardio en enfermos de bajo riesgo. Resultados de un programa de coordinación entre cardiología y atención primaria. Rev. Esp Cardiol. 2004; 57: 53-9
7. Badimón L, Borondo JC, Elosua R, Guindo J, Marrugat J, Martínez MD et al. Atlas de cardiopatía isquémica. Barcelona: J&C Ediciones médicas; 2004
8. SVMFIC (Sociedad Valenciana de Medicina Familiar y Comunitaria) Grupo de trabajo de patología cardiovascular. Prevención secundaria del infarto de miocardio en atención primaria. Disponible en:
<http://www.svmfic.org/grupos/publicaciones/prev2IAM.html>
9. Cardell AE, Ruiz I. La vida antes y después del infarto. Fundación española del corazón. Ed.Bayer; Valencia 2002.

10. Piepoli MF, Corrà U, Benzer W, Bjarnason-Wehrens B, Dendale P, Gaita D; Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2010; 17:1-17.
11. Montijano AM, Castillo A. Insuficiencia cardiaca. Hospital Clínico-Universitario Virgen de la Victoria de Málaga. 2009.
12. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades Cardiovasculares. [on line] 2013 Disponible en:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/>
13. Banegas JR, Villar F, Graciani A, Rodríguez-Artalejo F, Epidemiología de las enfermedades cardiovasculares en España. Rev Esp Cardiol. 2006; 6: 3 -12
14. Maroto JM, Rehabilitación cardíaca. Madrid: Sociedad Española de Cardiología, 2009.
- 15 . Wenger NK Froelicher ES, Smith LK, et al. Cardiac Rehabilitation. Clinical Practice Guideline Nº17. Rockville, MD: U.S. Department of Health and Human Service, Agency for Health Care Policy and Research and the National Heart, Lung, and Blood Institute, AHCPR 96:0672, 1995.
16. Maroto JM, Prados C, Rehabilitación cardíaca. Historia. Indicaciones. Protocolos. En: Maroto JM. De Pablo C. Rehabilitación cardiovascular. Madrid. Ed.Panamericana; Madrid 2010.
17. American Heart Association.Exercise standars: a statement for health professionals from the American Heart Association (special report). Circulation. 82:2286-322, 1990

18. Sosa V, Ubiera JM, Cantalapiedra JL, García-Fernández MA, Delcán JL: La rehabilitación cardíaca tras infarto agudo de miocardio en la década de los noventa. *Monocardio*. 1993. 34: 55-70.
19. Velasco JA, Maureira J, editores. *Rehabilitación del paciente cardíaco*. Barcelona. Ed.Doyma; Barcelona 1993.
20. Lavie CJ, Thomas RJ, Squires RW, Allison TG, Milani RV. Exercise training and cardiac rehabilitation in primary and secondary prevention of coronary heart disease. 2009; 84:373-83.
21. Muela, A. Pruebas de Esfuerzo. En: Maroto Montero, José María. De Pablo Zarzosa, Carmen. *Rehabilitación Cardiovascular*. Ed. Panamericana; Madrid 2011. 115-140.
22. Chaitman B. Las pruebas de esfuerzo. En: Braunwald E. *Tratado de Cardiología. Medicina Cardiovascular*. Ed.McGraw-Hill-Interamericana; Madrid 1993 177-197.
23. Maroto, JM. Programa de rehabilitación cardíaca. Protocolos. Unidades Multidisciplinares de Rehabilitación Cardíaca. Ed. Acción Médica; Sociedad Española de Cardiología; Madrid 2010. 230-242.
24. Robergs RA, Dwyer D, Astorino T. Recommendations for improved data processing from expired gas analysis indirect calorimetry. *Sports Med*. 2010;40:95–111.
25. Midgley AW, McNaughton LR, Polman R, Marchant D. Criteria for determination of maximal oxygen uptake: A brief critique recommendations for future research. *Sports Med*. 2007;37: 1019–28.
26. Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDonald A, Russi GD, Moudgil VK. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:822–9.

27. Antonacci L, Mortimer LF, Rodrigues VM, Coelho DB, Soares DD, Silami-Garcia E. Competition, estimated, and test maximum heart rate. *J Sports Med Phys Fitness*. 2007;47:418–21.
28. Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med*. 2000;29:13–26.
29. Marins J. Comparación de la frecuencia cardiaca máxima y fórmulas para su predicción [tesisdoctoral]. Granada: INEF Universidad de Granada; 2003.
30. Lucía A, Rabadán M, Hoyos J, Hernández-Capilla M, Pérez M, San Juan AF, et al. Frequency of the VO₂max plateau phenomenon in world-class cyclists. *Int J Sports Med*. 2006;27:984–92.
31. Silva VA, Bottaro M, Justino MA, Ribeiro MM, Lima RM, Oliveira RJ. Maximum heart rate in Brazilian elderly women: Comparing measured and predicted values. *Arq Bras Cardiol*. 2007;88: 314–20.
32. Robergs R, Landwehr R. The surprising history of the “ $H_{rmax} = 220 - age$ ” equation. *JEPonline*. 2002;5.
33. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*, 2001; 37:153-156.
34. American College of Sports Medicine [ACSM]. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia, Ed.PA: Lipincott Williams & Wilkins. 2014
35. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson, GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 1985. 100:126-131.

36. Morales, M. Calderón, F.J. Benito, P.J. Lorenzo, I. Fisiología del Ejercicio. En: Maroto Montero, José María. De Pablo Zarzosa, Carmen. Rehabilitación Cardiovascular. Ed.Panamericana; Madrid: 2011. pp.229-252.
37. López-Chicharro, J. Fernández-Vaquero, A. Rabadán M. Serratos, L. Respuestas y Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio. En: López Chicharro, J. Fernández Vaquero, A. Fisiología del ejercicio. Ed. Panamericana; Madrid. 1998. 133-150.
38. Pellicia A, Spataro A, Granata M, Biffi A, Caselli G, Alabiso A. Coronary arteries in physiological hypertrophy: ecocardiographic evidence of increased proximal size in elite athletes. *Int J Sports Med* 1990; 11: 120-6
39. Carlson DJ, Dieberg G, Hess NC, Millar PJ, Smart NA. Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis. *Mayo Clin Proc.* 2014, 89:327-34.
40. Meyer T, Kindermann, M, Kindermann, W. Exercise programmes for patients with chronic heart failure. *Sports Medicine.* 2004. 34:939–954.
41. Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, Meyer P, Juneau M, Bosquet L. High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sports Medicine.* 2012 42:587–605.
42. Peña G, Heredia J.R, Segarra V, Mata F, Isidro F, Martín F. Edir Da Silva M. Generalidades del “HIT” aplicado a esfuerzos cardiovasculares en los programas de salud y fitness. *EFDeportes.com*, 2013, 18,183.
43. Gibala MJ, Little JP, MacDonald, MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol* 2012, 590: 1077-1084.

44. Ismail H, McFarlane, JR, Nojournian AH, Dieber G, Smart NA. Clinical Outcomes and Cardiovascular Responses to Different Exercise Training Intensities in Patients With Heart Failure. *JACC: Heart Failure* 2013, 1- 6.

ANEXO

Anexo I. Fórmulas para el cálculo de la FCmax

ACSM (1995)			$FCM = 210 - 0,5 \text{ edad}$
Astrand – cicloergómetro	100	Hombres asintomáticos	$FCM = 211 - 0,922 \text{ edad}$
Astrand			$FCM = 216 - 0,84 \text{ edad}$
Bal State University		Hombres	$FCM = 214 - 0,8 \text{ edad}$
Bal State University		Mujeres	$FCM = 209 - 0,7 \text{ edad}$
Brick (1995)		Mujeres	$FCM = 226 - \text{edad}$
Bruce et al (1974)	1.295	Enfermedad coronaria	$FCM = 204 - 1,07 \text{ edad}$
Bruce et al (1974)	2.091	Hombres asintomáticos	$FCM = 210 - 0,662 \text{ edad}$
Bruce et al (1974)	1.295	Enfermedad coronaria	$FCM = 204 - 1,07 \text{ edad}$
Bruce et al (1974)	2.091	Hipertensión+enfermos coronarios	$FCM = 210 - 0,662 \text{ edad}$
Cooper	2.535	Hombres asintomáticos	$FCM = 217 - 0,845 \text{ edad}$
Ellestad	2.583	Hombres asintomáticos	$FCM = 197 - 0,556 \text{ edad}$
Engels et al (1998)	104 H y 101 M	Hombres y mujeres	$FCM = 213,6 - 0,65 \text{ edad}$
Fernandez (1998)		Hombres	$FCM = 200 - 0,5 \text{ edad}$
Fernandez (1998)		Mujeres	$FCM = 210 - \text{edad}$
Fernhal et al (2001)	276	Retardo mental	$FCM = 189 - 0,56 \text{ edad}$
Fernhal et al (2001)	296	Hombres y mujeres asintomáticos	$FCM = 205 - 0,64 \text{ edad}$
Froelicher y Myers(2000)	1.317	Hombres asintomáticos	$FCM = 207 - 0,64 \text{ edad}$
Hossack y Bruce (1982)	98	Hombres asintomáticos	$FCM = 227 - 1,067 \text{ edad}$
Inbar et al (1994)	1.424	Hombres	$FCM = 205,8 - 0,685 \text{ edad}$
Jones et al (1985) – cicloergómetro	100	Hombres y mujeres asintomáticos	$FCM = 202 - 0,72 \text{ edad}$
Jones et al (1975)		Hombres y mujeres asintomáticos	$FCM = 210 - 0,65 \text{ edad}$
Jones et al (1985)	60	Mujeres asintomáticas	$FCM = 201 - 0,63 \text{ edad}$
Karvonen et al		Hombres y mujeres asintomáticos	$FCM = 220 - \text{edad}$
Lester et al (1968)	42	Hombres y mujeres entrenados	$FCM = 205 - 0,41 \text{ edad}$
Lester et al (1968)	148	Hombres y mujeres sedentarios	$FCM = 198 - 0,41 \text{ edad}$
Londeree y Moeschberger (1982)		Deportista de nivel nacional	$FCM = 206,3 - 0,711 \text{ edad}$
Miller et al (1993)	51	Hombres y mujeres de peso normal	$FCM = 217 - 0,85 \text{ edad}$
Miller et al (1993)	35	Hombres peso normal	$FCM = 219 - 0,85 \text{ edad}$
Miller et al (1993)	16	Mujeres de peso normal	$FCM = 218 - 0,98 \text{ edad}$
Morris	1.388	Enfermedad coronaria	$FCM = 196 - 0,9 \text{ edad}$
Morris	244	Hombres asintomáticos	$FCM = 200 - 0,72 \text{ edad}$
Ricard et al (1990)	193	Hombres y mujeres	$FCM = 209 - 0,587 \text{ edad}$
Ricard et al (1990) – cicloergómetro	193	Hombres y mujeres	$FCM = 205 - 0,687 \text{ edad}$
Robinson	92	Hombres asintomáticos	$FCM = 212 - 0,775 \text{ edad}$
Rodeheffer et al (1984)	61	Hombres asintomáticos	$FCM = 214 - 1,02 \text{ edad}$

44	Schiller et al (2001)	53	Mujeres hispánicas	FCM=213,7-0,75 edad
45	Schiller et al (2001)	93	Mujeres caucásicas	FCM=207-0,62 edad
46	Sheffield et al (1978)	95	Mujeres	FCM=216-0,88 edad
47	Tanaka et al (1997)	84	Mujeres entrenadas resistencia aeróbica	FCM=199-0,56 edad
48	Tanaka et al (1997)	72	Mujeres sedentarias	FCM=207-0,60 edad
49	Tanaka et al (2001)	285	Hombres y mujeres sedentarias	FCM=211-0,8 edad
50	Tanaka et al (2001)		Hombres y mujeres activas	FCM=207-0,7 edad
51	Tanaka et al (2001)	229	Hombres y mujeres entrenados de resistencia	FCM=206-0,7 edad
52	Tanaka et al (2001)	18.712	Hombres y mujeres	FCM=208,75-0,73 edad
53	Whaley et al (1992)	1.256	Hombres	FCM=213-0,789 edad
54	Whaley et al (1992)	754	Mujeres	FCM=208,8-0,723 edad
55	Whyte et al (2008) ²¹	92	Hombres jóvenes deportistas de competición	FCM=202-0,55 edad
56	Whyte et al (2008) ²¹	76	Mujeres jóvenes deportistas de competición	FCM=216-1,09 edad

Edad expresa en años (Marins y Delgado⁷).

FCM: frecuencia cardíaca máxima; H: hombres; M: mujeres.