Actividad física en el programa de rehabilitación de pacientes receptores de trasplante cardíaco

Valeria del Castillo Herazo

María Alejandra Escobar Montes

Gineth Alejandra García Ramírez

María Camila Garzón Bonilla

Stefanie Marmolejo Rocha

Universidad El Bosque

Facultad de Medicina

Pregrado de Medicina

Bogotá D.C

2020

Actividad física en el programa de rehabilitación de pacientes receptores de trasplante cardíaco

Autores:

Valeria del Castillo Herazo

María Alejandra Escobar Montes

Gineth Alejandra García Ramírez

María Camila Garzón Bonilla

Stefanie Marmolejo Rocha

Director: Rodrigo Castro Rebolledo

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Médico Cirujano

Universidad El Bosque

Facultad de Medicina

Pregrado de Medicina

Bogotá D.C

2020

La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

Le dedicamos este trabajo a nuestros padres, que nos han acompañado y apoyado durante todo este proceso ya que, sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

Tabla de Contenido

Introducción 9
Justificación 10
Planteamiento del problema 11
Objetivos 13
Objetivo general 13
Objetivos específicos 13
Marco Teórico 14
La actividad física y sus beneficios para la salud 14
Fuerza muscular 16
Consumo pico de oxígeno (VO2 pico) 16
Tipos de fuerza muscular 18
Tipos de contracción muscular 18
Unidad Metabólica Basal (MET) 19
Escala de Borg de esfuerzo percibido 20
Trasplante Cardíaco 21
Indicaciones del trasplante cardíaco 22
Consecuencias del trasplante cardíaco 23
Impacto Postrasplante 24
Denervación y reinervación simpática post-trasplante 25
Mecanismos de capacidad reducida en receptores de trasplante cardíaco 27
Metodología 29
Descripción de artículos seleccionados 30
Análisis de resultados 31
Discusión 47
Referencias Bibliográficas 56
Listado de Siglas 59
Glosario 61

Lista de Tablas

Tabla 1. Escala de Esfuerzo Percibido de Borg …….…… *24*

Tabla 2. Posibles mecanismos asociados con la capacidad reducida de ejercicio en receptores de trasplante cardíaco …….…… *31*

Tabla 3. Análisis de Resultados …….……...… *47*

Lista de Figuras

Figura 1. Flujograma de Metodología de Búsqueda ……..…… *33*

Resumen

Objetivo: El trasplante cardíaco es un procedimiento que se realiza con el fin de mejorar la calidad de vida de un paciente con enfermedad cardíaca terminal. La presente revisión fue realizada con el fin de evaluar qué tipo de actividad física es la más conveniente para el paciente, teniendo en cuenta las condiciones de cada individuo, adicional a esto, se busca conocer qué implicaciones tiene realizar actividad física y determinar su importancia en pacientes postrasplante cardíaco.

Metodología: Se realizó una búsqueda sistemática y una revisión de la literatura de documentos obtenidos de diferentes bases de datos; de los cuales se eligieron aquellos enfocados a estudiar la realización de actividad física en pacientes post trasplante cardiaco en un programa de rehabilitación cardíaca.

Resultados: Se analizaron 8 artículos, los cuales cumplen con los criterios de inclusión y exclusión, en la mayoría se tuvo como variable la capacidad funcional y el pico de VO2. Se evidenció mejoría en la calidad de vida y en la tolerancia a la actividad física.

Conclusión: Se encontró que los pacientes que asistieron a un programa de rehabilitación cardíaca obtuvieron mejores resultados, en comparación con los que no se adherieron a un programa de rehabiliación. Se evidenciaron los beneficios del entrenamiento aeróbico, especialmente el de alta intensidad (HIT).

Palabras Clave: Trasplante cardíaco, actividad física, calidad de vida, receptores de trasplante cardíaco, acondicionamiento físico, rehabilitación cardíaca, pronóstico de vida.

Abstract

Objective: Heart transplantation is a procedure performed to improve the quality of life of a patient with end-stage heart disease. This narrative review was carried out to evaluate which type of physical activity is the most convenient for the patient, considering the conditions of each individual. In addition to this, we aim to know the implications of physical activity and determine its importance in post-heart transplant patients.

Methodology: We conducted a systematic search and literature review of documents obtained from different databases; from which we selected those focused on studying the performance of physical activity in post-cardiac transplant patients in a cardiac rehabilitation program.

Results: Eight articles were analyzed, all of which met the inclusion and exclusion criteria. The ability to function and the peak of VO2 were variables in most of the articles. Improvement in quality of life and tolerance to physical activity was evidenced.

Conclusion: At the end of this review, we found that patients who attended a heart rehabilitation program had better results compared to those who did not. The benefits of aerobic training, especially high-intensity training (HIT), were evident.

Key Words: Heart transplant, physical activity, quality of life, heart transplant recipients, physical conditioning, cardiac rehabilitation, life prognosis.

Introducción

El propósito de está investigación es evaluar qué tipo de actividad física es conveniente para la recuperación de un paciente post-trasplante cardíaco, en consideración a las condiciones físicas de la persona, la edad del paciente y su evolución postquirúrgica. Esto, determinará el tipo de actividad física recomendada por el médico tratante y la intensidad que más convenga a los propósitos de la recuperación. Para el desarrollo de este trabajo se analizaron estudios de revisión de diferentes países en pacientes adultos (18 y 64 años), puesto que este rango de edad es una de las indicaciones para realizar el trasplante cardíaco. Los datos obtenidos fueron tomados de trabajos entre los años del 2009 al 2020.

Justificación

Aunque desde el siglo XVIII se conocen los beneficios de la actividad física en la recuperación de los pacientes con problemas cardiovasculares (1)y de la rehabilitación cardíaca basada en el ejercicio como un factor efectivo en la mejoría de la sobrevida y la calidad de vida de los pacientes con secuelas de enfermedades cardiovasculares, en particular el Infarto agudo del Miocardio – IAM (2), que ha demostrado que la actividad física es un instrumento optimizador de la salud integral en la población general y factor protector de riesgo ante múltiples enfermedades crónicas y de acuerdo a su clasificación, recomendaciones en tiempo y cantidad, limitaciones y múltiples beneficios, se consideró importante determinar la importancia de aclarar la implementación de la actividad física como un parámetro en el manejo convencional dentro de los programas de rehabilitación cardíaca en las personas sometidas a trasplante de corazón. Es necesario establecer cuales son los límites individuales de acuerdo con las particularidades de cada paciente en duración e intensidad del ejercicio, con el fin de evitar determinados riesgos relacionados con el estado de salud previo del paciente e incrementar el pronóstico de vida.

Las cifras globales publicadas por el Observatorio Mundial de Donación y Trasplante (GODT) indicaron que el tercer órgano más trasplantado es el corazón con 7,023 casos, superado por la donación de hígado con 27,759 y por la donación de riñón con 84,347 casos reportados a nivel mundial (8). Según datos del Ministerio de Salud, en Colombia, el número de trasplantes cardíacos realizados y registrados durante el año 2017 fue de 74 procedimientos, cifra superior a la reportada en el año 2016, que alcanzó 58 procedimientos. Así las cosas, el corazón se constituyó como el tercer órgano más trasplantado en el país durante el periodo mencionado, después del riñón y el hígado (9). Entonces y debido al progresivo aumento de trasplantes coronarios, es necesario aclarar cuales son los criterios necesarios de prescripción de actividad física en estos pacientes, ya que como se verá más adelante, el hecho de que se tenga un corazón denervado, hace que la frecuencia cardíaca no sea un indicador confiable de intensidad de ejercicio (3).

Planteamiento del problema

De acuerdo con el American College of Sport medicine en 2014 (4), la actividad física juega un papel fundamental en la calidad de vida de cada paciente generando bienestar físico y mental. Es importante destacar su gran impacto en la disminución de factores de riesgo para numerosas enfermedades discapacitantes e incluso su influencia de forma positiva en el diseño de terapias integrales de recuperación posoperatoria de procedimientos de alta complejidad como es en el caso de los trasplantes de órgano. De acuerdo a esto, se plantea que la actividad física tiene efectos importantes en la recuperación y, por ende, en la calidad de vida de un paciente a quien se le realizó este procedimiento (10).

El corazón es el tercer órgano más trasplantado en Colombia, se ha reportado un total de 74 procedimientos, los cuales fueron realizados en el año 2017 (9). Cabe mencionar que este acto quirúrgico no tiene costo alguno para el paciente por ser una donación, por esta razón no afecta su condición económica, incluyendo la terapia post-trasplante que éste debe recibir para lograr una adecuada adherencia al mismo y que depende de lo estipulado en el sistema de salud colombiano. El trasplante de corazón en Colombia por sus particularidades requiere un abordaje complejo. El Instituto Nacional de Salud y la Red de Donación y Trasplante de órganos y tejidos indica que todos los costos son sufragados por la EPS a la cual pertenezca el individuo o por las Secretarías Departamentales de Salud en caso de que éste pertenezca a una población vulnerable y no se encuentre afiliado a una entidad, ya que se menciona que los trasplantes se encuentran contemplados en el Plan Obligatorio de Salud del país (11). No obstante dentro de este abordaje no se tiene en cuenta los programas de Rehabilitación Cardio Pulmonar y por lo tanto el posible papel protector y de sobrevida que pudiese tener la rehabilitación precoz en estos pacientes.

Es importante tener en cuenta que una de las de las finalidades del trasplante cardíaco es mejorar la calidad de vida en el paciente previamente enfermo y que, para obtener mejores resultados en la rehabilitación post quirúrgica, el paciente necesitará manejo tanto farmacológico, como no

farmacológico (12). Este último incluye variaciones en el estilo de vida como cambios en la alimentación e incorporación de actividad física dentro de sus actividades diarias (12).

En el 2011, Balboa y Cintra (13) encontraron que la realización de actividad física en pacientes que han sido sometidos a un trasplante específicamente cardíaco presentaba efectos benéficos sobre la fisiología cardiovascular y el proceso de inmunomodulación posterior al procedimiento, así mismo, ejercía efectos sobre aspectos psicológicos y en la concepción del paciente acerca de su condición. Sin embargo, es necesario que la actividad física sea supervisada por un profesional, dado que debe ser diseñada e individualizada teniendo en cuenta factores como frecuencia cardíaca, intensidad, duración y el tipo de actividad (13). De la misma manera encontraron que la actividad física enfocada en resistencia mejoraba significativamente el funcionamiento del sistema cardiovascular y respiratorio, así mismo cuanto se trabajaba principalmente la fuerza, se favorecía el desarrollo de la masa muscular (13). En 1995 DeClampi y colaboradores definieron que factores como la condición física previa, así como el estado de salud, eran determinantes importantes en la sobrevivencia de estos pacientes luego de 10 años del trasplante (5).

Para poder elegir el tipo de actividad física adecuada, se debe tener en cuenta durante la prescripción de la actividad física, la Unidad Metabólica Basal de cada paciente (MET), dado a que mediante esta herramienta se puede modificar la intensidad de la actividad física, ya que esta difiere en cada paciente post-trasplante cardíaco influyendo fisiológicamente en varios aspectos que son fundamentales para la recuperación, como lo es el consumo de oxígeno (13). A pesar de los estudios realizados, hay discrepancia con respecto a la modalidad física y a los criterios de prescripción de ejercicio en pacientes en las fases de pre-trasplante, trasplante y postrasplante (6). De acuerdo con lo anterior, es necesario determinar cuál es el tipo de actividad física que debe realizar un paciente que ha sido sometido a un trasplante cardíaco, por lo cual se planteó la siguiente pregunta:

¿Qué tipo de actividad física es la más conveniente para la recuperación de un paciente post-trasplante cardíaco, teniendo en cuenta factores como la condición física y el estado de salud?

Objetivos

Objetivo general

Determinar cual tipo de actividad física es la más conveniente para mejorar la recuperación de un paciente post-trasplante cardíaco.

Objetivos específicos

1. Evaluar los efectos de la actividad física en la recuperación en el paciente post-trasplante cardíaco.
2. Determinar dentro de las múltiples opciones de actividad física, cuál(es) es(son) la(s) más conveniente(s) para cada paciente, teniendo en cuenta las condiciones particulares (edad, condiciones de salud y respuesta a la cirugía) de cada individuo. Caracterizar los tipos de actividad física según edad, etc.

   Definir de cual tipo de actividad física se encuentran beneficiados los pacientes post-trasplante cardíaco.
3. Identificar la importancia de la actividad física en el manejo convencional y protocolos de rehabilitación cardíaca en los pacientes post trasplantados cardíacos.

Marco Teórico

Para el desarrollo de este proyecto de grado se tomó como base tres conceptos fundamentales, a saber: la calidad de vida, la actividad física y el trasplante cardíaco para, a partir de ellos, determinar las condiciones en las cuales esa actividad física sería apta y benéfica para los pacientes post-trasplante

La actividad física y sus beneficios para la salud

La actividad física es considerada como un elemento esencial para el bienestar físico y mental. Ésta disminuye los riesgos de numerosas enfermedades y a su vez, favorece a la comunidad incrementando la interacción social, con lo cual se logra promover el bienestar para las sociedades. (13) La actividad física es definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como "*cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía*" (OMS, 2008). (16) Se ha determinado que el fin de ésta es lograr un aumento en la tasa metabólica basal del organismo, en dónde se deben tener en cuenta factores como la edad, intereses, cultura y demás variables para saber qué actividades pueden ser realizadas. (17) En este grupo se encuentra además del ejercicio, otras actividades como el transporte activo (usar la bicicleta, caminar, etc.) o los juegos que involucran la realización de movimientos corporales. Este tipo de AF tiene fines de salud pública y su trabajo es sobre AF como rehabilitación cardiaca post-trasplante. (16) Organizaciones importantes, como la OMS, establecen ciertas sugerencias para la realización de actividad física necesarias para lograr beneficios en la salud y reducir las probabilidades de aparición de enfermedades no transmisibles. (18)

Las recomendaciones para la realización de actividad física se encuentran categorizadas en tres grupos de edades:

(a) 5 a 17 años

(b) 18 a 64 años

(c) Mayores de 65 años (18)

Teniendo en cuenta que el estudio se enfocó en analizar a la población adulta entre 18 a 64 años, se estipula que para que ésta alcance los beneficios de la actividad física, se deberán acumular como mínimo 150 minutos semanales de actividad aeróbica moderada o 75 minutos semanales de actividad aeróbica vigorosa, sin embargo, también podrían realizar ambos tipos de actividades, siempre y cuando la combinación de éstas se mantenga en equilibrio en cuanto a intensidad y tiempo. (18)

De cada tipo de actividad se obtienen distintos beneficios; por ejemplo, de los ejercicios de resistencia se fortalece el sistema cardiovascular y respiratorio; de los ejercicios de fuerza, se aumenta el desarrollo muscular y se mejora la postura corporal y; de los ejercicios de flexibilidad se obtiene una mejoría en la realización de movimientos y, por lo tanto, se disminuye el riesgo de lesiones articulares. (13)

Las nuevas recomendaciones aprobadas por la OMS, el Colegio Americano de Medicina Deportiva y la American Heart Association (AHA), hacen énfasis en realizar como mínimo 30 minutos al día, cinco días a la semana, con una intensidad moderada, los cuales traerán consigo beneficios para prevención, tratamiento, control y rehabilitación de enfermedades crónicas no transmisibles. Se recomiendan actividades anaeróbicas para personas sanas de avanzada edad, las cuales podrán realizar este ejercicio con intensidad moderada a intensa, y tendrán impacto dependiendo de sus condiciones físicas y patológicas subyacentes. Los ejercicios de resistencia o con pesas, se recomienda realizarlos de 1 a 3 series que incluyan de 8 a 12 repeticiones, con el fin de generar trabajo en un grupo muscular definido. Los ejercicios de flexibilidad que deben durar como mínimo 10 minutos e incluir el mayor número de músculos y tendones posibles, y mantener una intensidad moderada. (19)

Fuerza muscular

Entendida como la capacidad física para la realización de las actividades básicas del ser humano. Es la facultad que tiene un músculo de generar tensión contra una carga en un único esfuerzo durante la contracción, gracias a esto se logra superar la misma. De acuerdo con Sánchez, las capacidades físicas básicas se clasifican en tres grupos: (20)

1. Bioenergética: abarca la resistencia muscular ya se anaeróbica o aeróbica.
2. Neuromuscular: identifica la fuerza como único elemento
3. Anatómico-estructural: contempla todo lo relacionado con la flexibilidad.

De acuerdo con lo anterior, la fuerza muscular no solo involucra componentes óseos, sino también musculares y neurológicos. (20)

Consumo pico de oxígeno (VO2 pico)

En 2011 Carvallo VO et al., afirmó que *"El método estándar de prescripción de ejercicio aeróbico es el que toma el esfuerzo del receptor del trasplante de corazón entre el primer y segundo umbral de ventilación"* (Carvallo, 2011). (21) De esta forma para evaluar estas transiciones metabólicas y lograr hacer una prescripción exacta de la intensidad del entrenamiento se necesita una prueba de ejercicio cardiopulmonar con análisis de gas. (21)

El ejercicio progresivo, desde el descanso hasta el esfuerzo máximo, requiere diferentes vías de energía para suplir adecuadamente los requerimientos de adenosina trifosfato (ATP). Estas vías para obtener energía se pueden clasificar según la utilización o ausencia de oxígeno (O_2). Al mencionar los distintos metabolismos, se conoce que el de tipo aeróbico produce mayor energía a comparación con el metabolismo anaeróbico; por esta razón, el aeróbico es el proceso metabólico principal y el más importante en el cuerpo humano. (21) Durante el reposo y los ejercicios ligeros, el metabolismo aeróbico es el encargado de proporcionar la mayor parte de la energía necesaria. Si el esfuerzo

aumenta el metabolismo aeróbico se hace insuficiente, como resultado el metabolismo anaerobio aumenta, incrementando los niveles energía y consecuentemente disminuye el pH sanguíneo debido a la producción de ácido láctico. Sin embargo, esto no se hace evidente rápidamente por la activación de mecanismos de amortiguación, dado principalmente por el bicarbonato (HCO_3-) el cual, asociado al ácido láctico, produce dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Este CO_2 estimula el centro de control ventilatorio, aumentando la ventilación para eliminar el exceso de CO_2 y de esta forma, mantener el pH constante. Así mismo, el primer pico ventilatorio se caracteriza por un aumento no lineal de la ventilación en relación con el consumo de oxígeno (VO_2). Durante una prueba de ejercicio cardiopulmonar, el primer pico ventilatorio está determinado por los valores más bajos de VE/VO_2 (VE = ventilación). (21)

Si el paciente receptor de trasplante cardíaco continúa haciendo ejercicio y se realiza un aumento progresivo de la intensidad después del primer pico ventilatorio, el mecanismo de amortiguación por parte del bicarbonato se agotará por completo con una consiguiente acumulación de ácido láctico en la sangre, estimulando así la frecuencia de ventilación. En este momento se producirá el segundo pico ventilatorio de predominio anaeróbico, caracterizado por un aumento no lineal de la ventilación en relación con la producción de dióxido de carbono (VCO_2). (21) Para la prescripción del entrenamiento basado en el primer y segundo pico ventilatorio, se deben identificar los puntos de transición metabólica mediante una prueba de ejercicio cardiopulmonar y relacionarlo con la frecuencia cardíaca (FC) en los puntos correspondientes. De esta manera la FC en el primer pico ventilatorio es la zona de entrenamiento correspondiente al límite inferior y la FC en el segundo pico ventilatorio es la zona de entrenamiento correspondiente al límite superior. El VO_2 pico se refiere a los niveles máximos de consumo de oxígeno en un individuo; Nytrøen K y Gullestad L (2013) demostraron que en los individuos sanos, el VO_2 oscila entre un 50%-70%. (22)

El VO_2 es la variable más utilizada para determinar la capacidad de ejercicio, el cual puede ser representado como un valor sub-máximo o máximo y se puede determinar mediante una prueba de

ejercicio cardiopulmonar con análisis de gases. Como se mencionó para la prescripción del ejercicio aeróbico, es necesario utilizar la FC con relación al primer y segundo pico ventilatorio. Para la prescripción de la intensidad del entrenamiento con el VO_2, se debe verificar la FC respecto al 50% del VO_2 máximo que corresponde al primer umbral ventilatorio y la FC respecto al 80% del máximo de VO_2, que corresponde al segundo umbral ventilatorio (21).

Tipos de fuerza muscular

1) Fuerza máxima: Se define como la mayor fuerza capaz de realizar el sistema nervioso y muscular de manera voluntaria en una contracción. Esta se determina mediante la repetición del ejercicio (23).
2) Fuerza explosiva: Es el resultado de la combinación de la fuerza realizada y el tiempo requerido para lo mismo, entiéndase como la capacidad de desarrollar la mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible (23).
3) Fuerza de resistencia: Conocida como la capacidad de realizar un ejercicio en el mayor tiempo posible, superando la fatiga que él mismo produce, prolongando de esta manera el esfuerzo que se requiere, teniendo la capacidad de recuperarse con prontitud (24).

Tipos de contracción muscular

1) Contracción isométrica: La contracción isométrica es definida como la contracción muscular sostenida contra una resistencia fija, sin producir un cambio en la longitud del músculo, ni en el movimiento de la articulación utilizada. Este tipo de fuerza lleva a un aumento significativo en la fuerza, en la potencia y en la masa muscular. Por ser un esfuerzo el cual se realiza con pequeños grupos musculares, el gasto metabólico es mucho menor al generado en el esfuerzo isotónico (25).

2) Contracción isotónica: La contracción isotónica se define como la contracción muscular que logra vencer una tensión que es siempre la misma y como resultado, ocasiona un movimiento. Se genera un cambio en la longitud del músculo, en este caso, un acortamiento. (26).

Unidad Metabólica Basal (MET)

Según Arias-Vásquez, et al. (2012) la actividad física es definida como cualquier movimiento del cuerpo ante una necesidad en las actividades básicas de la vida cotidiana. Todas las personas requerimos de un consumo mínimo de 3.5 mL/kg/min de oxígeno para suplir las necesidades basales al estar en reposo, a esta cantidad la denominamos, Unidad metabólica basal o equivalente metabólico (MET) (27) Por lo tanto, toda actividad física que se realice conlleva a que el cuerpo aumente la cantidad de energía gastada y como consecuencia la cantidad de oxígeno requerido; este costo energético-metabólico de la ejecución de una actividad física se expresa por medio de los MET (27). Por ende, se puede clasificar la intensidad de la actividad física teniendo en cuenta el porcentaje de consumo máximo de oxígeno que se requiera al realizarla o según el valor del MET de dicha actividad. De acuerdo a esto dividimos la actividad física en intensidad ligera, moderada y vigorosa:

- Actividad física de intensidad ligera: 40% de consumo máximo de oxígeno o menor a 4 METs
- Actividad física de intensidad moderada: 40 al 60% del consumo máximo de oxígeno o de 4 a 6 METs
- Actividad física de intensidad vigorosa: Más de 60% del consumo máximo de oxígeno o más de 6 METs. (27)

En este orden de ideas, una persona que ha sido sometida a un trasplante de corazón deberá realizar la actividad física solo bajo prescripción y supervisión médica en cantidades e intensidad que no comprometan la salud e integridad del receptor y del nuevo injerto. Se encuentra que que con la implementación de este programa de actividad física se obtendrán múltiples beneficios, dentro de los

que están la reincorporación temprana y en mejores condiciones de la mayoría de los pacientes cardiópatas a sus actividades laborales o sociales. Así mismo, se espera un mejoramiento de la capacidad funcional, alivio de la sintomatología, disminución en el uso de medicamentos y en la aparición de ansiedad y depresión, ya que se intenta conservar el papel que tiene el paciente tanto en su vida familiar como social (28).

Finalmente, la actividad física como terapia de recuperación post trasplante si bien tiene más repercusiones positivas que negativas, debe ser realizada bajo supervisión médica y teniendo en cuenta que se debe limitar la cantidad y la intensidad como sea necesario, para llevar a cabo la recuperación de forma eficaz.

Escala de Borg de esfuerzo percibido

En 1996, Burkhalter N (29) señala que la Escala de Borg "*Mide la gama entera del esfuerzo que el individuo percibe al hacer ejercicio. Esta escala da criterios para hacerle ajustes a la intensidad de ejercicio, o sea, a la carga de trabajo, y así pronosticar y dictaminar las diferentes intensidades del ejercicio en los deportes y en la rehabilitación médica*". (29) De acuerdo con esta escala, el esfuerzo percibido se puede calificar de 6 a 20, siendo este último el "esfuerzo máximo". Según esto, se considera que un esfuerzo percibido entre 12-14, sugiere un nivel moderado de intensidad (30). Esta escala tiene una alta correlación entre el índice de esfuerzo percibido y el ritmo cardíaco real durante la actividad física cuando se multiplica por 10, adicional a esto, es el método más usado para evaluar la intensidad entre las personas que toman medicamentos que afectan la frecuencia cardíaca o el pulso (30).

Tabla 1. Escala de esfuerzo percibido de Borg

Valor	Nivel de esfuerzo
6-7	Muy, muy suave
8-9	Muy suave
10-11	Bastante suave
12-13	Algo duro
14-15	Duro
16-17	Muy Duro
18-20	Muy, muy Duro

Tabla 1. Perceived Exertion (Borg Rating of Perceived Exertion Scale). 2020; Disponible en: https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/exertion.htm. (30)

Debido a la denervación cardíaca en los pacientes sometidos a un trasplante cardíaco, esta escala es de vital importancia para la evaluación de la intensidad del ejercicio realizado por los pacientes (7)

Trasplante Cardíaco

Para un mejor entendimiento del tema, es preciso empezar por definir que es un trasplante cardíaco. Según Lacruz, este procedimiento quirúrgico "*consiste en extraer un corazón enfermo que no puede ser curado con fármacos o cirugía convencional y reemplazarlo por un corazón sano de un donante. No todos los pacientes con un corazón enfermo son candidatos al trasplante cardíaco; en general, existen unos criterios médicos que indican si un paciente es subsidiario de trasplante o no".* (31)

De acuerdo a Ceruti (2012), el trasplante cardíaco se considera la medida terapéutica de elección cuando ya se han agotado las otras estrategias terapéuticas que ayuden a prolongar la calidad de vida (32). Este tratamiento ha demostrado mejorar la calidad de vida y aumentar la sobrevida de estos pacientes, sin embargo, no está exento de presentar complicaciones en el transcurso de su recuperación (32).

El trasplante cardíaco se realiza en una institución altamente especializada y capacitada para el manejo de procedimientos de alto riesgo. "*En este procedimiento interviene el equipo de trasplante, que incluye a cardiólogos, cirujanos cardíacos, anestesiólogos, médicos intensivistas, infectólogos, patólogos e inmunólogos, así como el equipo de enfermería, psicólogos, fisioterapeutas y asistentes sociales, que trabajan coordinadamente y logran que se lleve a terminó satisfactoriamente esté procedimiento".* (31).

Indicaciones del trasplante cardíaco

Cuando un paciente es un aparente candidato al trasplante cardíaco, se ha de tener en cuenta que hay ciertas indicaciones inalterables y contundentes que tienen que ser evaluadas por un médico cardiólogo especialista, el cual determinará si el paciente que aspira al trasplante se encuentra en las condiciones necesarias para recibir el nuevo injerto. (33) A continuación, se expondrán las siguientes indicaciones dadas por la Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular para permitir el trasplante:

(i) Pacientes menores de 65 años como edad mínima requerida

(ii) Falla cardíaca de clasificación III - IV según la New York Heart Association (NYHA) en manejo farmacológico óptimo o máximo tolerado

(iii) Falla cardíaca de clasificación D según The American Heart Association (AHA) American College of Cardiology (ACC) en manejo farmacológico óptimo o máximo tolerado

(iv) Consumo máximo de O2 < 14 ml/kg/min es decir 4

MET y/o consumo máximo CO_2 < 35 ml/kg/min

(v) Angina persistente y refractaria, que curse con síntomas severos de isquemia que limitan permanentemente las actividades diarias e imposibilitan la revascularización (quirúrgica o percutánea)

(vi) Arritmia ventricular con presencia de síntomas, recurrente o refractaria, sin presentar signos y síntomas de falla cardíaca o riesgo de mortalidad elevado. (33)

Dichas condiciones aplican únicamente para pacientes menores de 65 años, en donde deben cumplirse, como mínimo, una de las circunstancias estipuladas. (33)

Consecuencias del trasplante cardíaco

Después de una intervención quirúrgica como lo es el trasplante de un órgano, se pueden presentar complicaciones, tanto a corto como a largo plazo que pueden poner en riesgo la integridad del paciente y la del nuevo órgano. Durante el período postoperatorio es importante estar al tanto de las posibles complicaciones que se pueden manifestar, como el rechazo retardado hiperagudo, la disfunción del injerto, la aparición de insuficiencia cardíaca secundaria a una hipertensión pulmonar y el taponamiento cardíaco. Otras complicaciones comunes son el rechazo temprano, la presencia de alteraciones en la frecuencia cardiaca (bradiarritmias y taquiarritmias), desarrollo de tromboembolismo pulmonar e infecciones, las cuales requieren de tratamiento médico inmediato. (34) (35)

Después de meses e inclusive años post-trasplante, los pacientes suelen ingresar por situaciones que pueden, o no, estar relacionadas a problemas de origen cardíaco. Estas circunstancias se presentan por rechazo a nivel celular o por una respuesta mediada por la presencia de anticuerpos; falla del injerto; y entre las más importantes se mencionan la vasculopatía por injerto cardíaco, situación que

corresponde a la principal causa de falla tardía del injerto y de muerte en estos pacientes; malignidad, ocasionada por el estado de inmunosupresión crónica, ocasionando que en los receptores de injertos sólidos, se presente una mayor tasa de incidencia en el desarrollo de neoplasias a comparación de individuos no trasplantados; y finalmente infecciones, que a pesar de ser la principal causa de muerte en el primer año post-trasplante, son un riesgo para estos pacientes por permanecer en terapia inmunosupresora por un tiempo prolongado, exponiéndose continuamente a infecciones oportunistas. (34) (35) De forma tardía se encuentran otras complicaciones como la infección bacteriana y viral, rechazo celular y humoral, hipertensión arterial sistémica, nefropatía, Diabetes Mellitus de novo, osteoporosis, dislipidemias, Gota y misceláneas. (32) (36)

Impacto Postrasplante

El impacto benéfico del trasplante se ve reflejado en sus cifras de supervivencia, las cuales fueron obtenidas por una compilación de registros recientes por The International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) y United Network for Organ Sharing (UNOS), en donde se estipula que han ocurrido más de 80,000 trasplantes de corazón a nivel mundial. Los registros iniciaron desde 1982, en donde la supervivencia se encuentra con los siguientes porcentajes:

(i) 82% al primer año de vida

(ii) 75% a 2 años de vida

(iii) 69% a 5 años de vida

(iv) Aproximadamente 50% a 10 años de vida (35)

A pesar de los requisitos a largo plazo como la necesidad constante de seguimiento médico, la terapia inmunosupresora y la inherente toxicidad farmacológica, los pacientes refieren una mejoría en su bienestar y calidad de vida, ya que muchos informan que luego del trasplante, notan una mejoría en

su capacidad física respecto a su estadio previo, en donde estipulan no presentar limitaciones funcionales e incluso, algunos llegan a presentar desempeños atléticos superiores al de la media. (35)

El trasplante cardíaco, a pesar de ser un procedimiento invasivo que trae consigo riesgos importantes, es una intervención que logra mejorar significativamente la calidad de vida del receptor. Se ha visto que este procedimiento brinda la oportunidad de mejorar el pronóstico de vida de aquellas personas que tenían una enfermedad cardíaca de base y que cumplieron con los criterios necesarios para ser candidatos para un trasplante cardíaco. (37)

Cabe resaltar que posterior al procedimiento, se debe tener en cuenta la frecuencia cardíaca como un marcador de riesgo cardiovascular. Según un estudio realizado en la universidad de Coruña, España, en el cual se hizo un estudio retrospectivo en pacientes mayores de 18 años que recibieron trasplante cardíaco, que sobrevivieron por lo menos un año y se encontraban con ritmo sinusal, excluyendo pacientes de trasplante multiorgánico, con anemia grave o marcapasos. De lo anterior, se encontró que en el primer año postrasplante la frecuencia cardíaca en promedio en reposo fue de 96 LPM ± 12 LPM, como resultado de este análisis se encontró que a mayor frecuencia cardíaca en reposo al final del primer año, mayor riesgo de muerte por cualquier causa, así como por causa cardíaca. Finalmente se da aval al valor pronóstico de la frecuencia cardíaca en pacientes post-trasplantados, afirmando que hay una asociación independiente entre el valor de la frecuencia cardíaca en reposo al final del primer año post-trasplante y muerte por cualquier causa, causa cardíaca y disfunción de injerto. (38)

El pronóstico negativo de los valores elevados de frecuencia cardíaca, abarca un incremento del riesgo de muerte por causas cardíacas, las cuales son insuficiencia cardíaca refractaria y muerte súbita. (38)

Denervación y reinervación simpática post-trasplante

De acuerdo a Nytrøen y Gullestad (22), el trasplante cardiaco representa una nueva oportunidad para muchos pacientes quienes padecen de enfermedad cardíaca en etapa terminal, a pesar de esto, sus

múltiples complicaciones a futuro pueden disminuir la supervivencia de estos individuos. Dentro de las causas de estas diferentes complicaciones, se encuentran principalmente cambios en la capacidad de ejercicio, ya que posterior al trasplante cardiaco se evidencia una mejoría en la capacidad de ejercicio, sin embargo, continúa siendo subnormal una vez se compara con individuos sanos de la misma edad; esto se puede explicar por la hemodinámica central y los cambios en la fisiología periférica posterior al trasplante cardíaco (22). Dentro de los factores responsables de esto se encuentra una disminución en el gasto cardiaco por alteración en la función cronotrópica o disminución en el volumen sistólico, y fenómenos periféricos, que son dados por una disminución en la fuerza muscular, la capacidad oxidativa, el aporte sanguíneo y la capacidad de vasodilatación (22). Diferente a la respuesta cronotrópica durante el ejercicio en un corazón normal, es importante recalcar que un corazón trasplantado se encuentra denervado; esto se evidencia con una FC en reposo aumentada y una respuesta a la misma disminuida, lo anterior se denomina como incompetencia cronotrópica (22).

La secreción de catecolaminas por parte de las glándulas suprarrenales son las responsables de la respuesta de la FC durante el ejercicio, generando un aumento lentamente progresivo al inicio del ejercicio, una disminución en la FC pico y disminución en el retorno a los valores basales posterior a la suspensión del ejercicio (22). Conocer sobre un corazón denervado es de gran importancia para poder determinar el plan de entrenamiento para cada paciente y así, lograr el mayor beneficio del ejercicio físico (22). Durante la década de 1990, se consideraba que la denervación completa persistía posterior al trasplante cardíaco debido a la falta de respuesta de la FC, indicando ausencia de reinervación funcional significativa (22). No obstante, durante la última década, varios estudios han evaluado la respuesta simpática y parasimpática por medio del análisis de la variabilidad en la FC, la liberación cardinal de noradrenalina, la tomografía por emisión de positrones y la respuesta cronotrópica evidenciado su conservación la cual suele ser frecuente pero inconsistente o variable

(22). La reinervación evidenciada en la normalización de la respuesta cronotrópica se asocia con una mejor capacidad de ejercicio en pacientes postrasplante cardiaco. (22)

Mecanismos de capacidad reducida en receptores de trasplante cardíaco

Se encuentran numerosos factores específicos en pacientes receptores de trasplante cardíaco que contribuyen a un rendimiento reducido de la actividad física, los cuales se encuentran enlistados en la siguiente tabla (22):

Tabla 2. Posibles mecanismos asociados con la capacidad reducida de ejercicio en receptores de trasplante cardíaco

Factores centrales	**Gasto cardíaco reducido** ● Incompetencia cronotrópica ● Disminución del volumen sistólico ● Disfunción sistólica ● Disfunción diastólica **Disfunción pulmonar** ● Hipertensión pulmonar ● Enfermedad pulmonar ● Congestión pulmonar

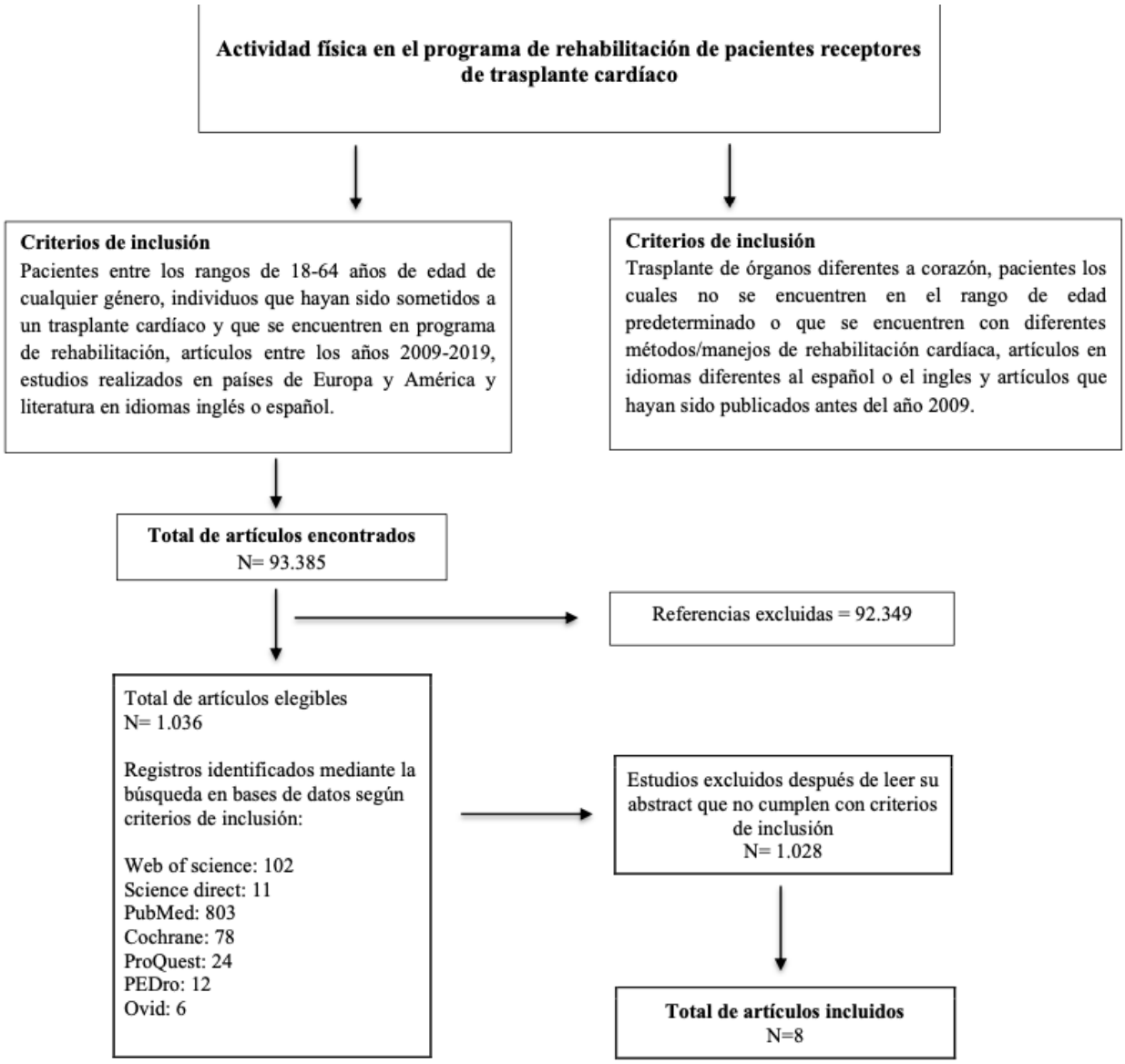
Factores periféricos	**Función muscular esquelética disminuida** ● Reducción de la masa muscular ● Reducción de la fuerza muscular ● Reducción de la densidad capilar ● Reducción de la capacidad oxidativa ● Reducción de la función mitocondrial ● Miopatía inducida por corticoesteroides **Capacidad vasodilatadora deteriorada** ● Disfunción endotelial ● Descondicionamiento
Factores potenciales que contribuyen a la capacidad reducida de ejercicio	● Edad creciente ● Edad del donante ● Donante ● Tiempo isquémico ● Acondicionamiento previo al trasplante ● Diagnóstico primario ● Comorbilidades ● Tabaquismo ● Diferencias culturales ● Diferencias en el género ● Ansiedad y depresión ● Estado socioeconómico ● Reducción de la calidad de vida relacionada con la salud

Tabla 2. Nytrøen, K., & Gullestad, L. (2013). Exercise after heart transplantation: An overview. *World journal of transplantation*, *3(*11), 78–90. https://doi.org/10.5500/wjt.v3.i4.78 (22)

Metodología

Se recurrió a una revisión narrativa basada en información disponible de información en las bases de datos Science Direct, PubMed, Cochrane, Web of Science, PEDro, ProQuest, OVID. Se utilizaron palabras clave y términos MeSH como actividad física, rehabilitación cardíaca, trasplante cardíaco, injerto de corazón, enfermedad miocárdica, METS y terapias post-trasplante cardíaco, la cuales se normalizaron mediante el uso de DeCS, adicionalmente se tuvo en cuenta los respectivos operadores booleanos. Se utilizaron combinaciones de palabras clave y operadores como: (“Heart transplantation” AND “Physical activity”, “Heart transplantation AND “Exercise rehabilitation therapy”, "Heart Failure/rehabilitation" [Mesh Terms], "Heart Failure/surgery" [Mesh Terms], Indication uses” [Mesh] AND "Heart Transplantation" [Mesh], (Heart transplant) AND "Eligibility Determination" [Mesh]). Para la selección de los artículos se tuvo en cuenta los criterios de inclusión descritos en la justificación del problema, los cuales consistían en: Pacientes entre los rangos de 18-64 años de edad de cualquier género, individuos que hubieran sido sometidos a un trasplante cardíaco y que se encontraban adscritos a un programa de rehabilitación; artículos entre los años 2009-2020, estudios realizados en países de Europa y América, y literatura en idiomas inglés o español. Se tuvo en cuenta criterios de exclusión para descartar artículos como lo son trasplante de órganos diferentes a corazón pacientes los cuales no estuvieron en el rango de edad predeterminado o que se encontraban con diferentes métodos/manejos de rehabilitación cardíaca, artículos en idiomas diferentes al español o el inglés y artículos que hubiesen sido publicados antes del año 2009. Una vez se realizó la selección de los artículos (Ver Figura 1). Las autoras del trabajo realizaron una revisión exhaustiva de los manuscritos seleccionados y analizaron la calidad de los mismos en una tabla de variables (Tabla 3) en la que se registraron datos de autores, tipo de documento, año, país, metodología, muestra, tiempo y tipo de actividad física realizada, escala de Borg, METs alcanzados, pico de VO_2 y recomendaciones/soluciones, tabla empleada para analizar la calidad de los artículos. Luego de la elaboración se pasó al análisis y la redacción de resultados.

Figura 1. Flujograma de Metodología de Búsqueda



Descripción de artículos seleccionados

Se obtuvo un total de 93.385 artículos encontrados, de estos, 1.036 artículos fueron elegibles, sin embargo, 8 cumplieron con los criterios específicos de la revisión. Adicionalmente se analizaron 4 estudios: 2 de meta-análisis y 2 de revisiones sistemáticas, que se incluyeron en la discusión para contrastar los resultados de esos estudios con lo encontrado en la presente revisión.

Análisis de resultados

De acuerdo con la estrategia de búsqueda anteriormente descrita y luego del análisis de los artículos seleccionados se encontró lo siguiente:

En el 2011, Krugler et. Al., realizó un estudio en la Escuela de Medicina de Hannover, con la división de los servicios de cardiología, cirugía vascular y del equipo de trasplantes de la institución. El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la calidad de vida en tanto a la salud y tolerancia al ejercicio físico en pacientes después de recibir el trasplante cardíaco o de la implantación de un dispositivo de asistencia ventricular izquierda (39). Se utilizó un diseño prospectivo y observacional para caracterizar los cambios a lo largo del tiempo relacionados a la calidad de vida y la tolerancia al ejercicio. Inicialmente se estudiaron un total de 120 pacientes, dentro de los criterios de inclusión se encontraban: >18 años, habilidades en el idioma alemán para responder los cuestionarios, completar las visitas de seguimiento y estar dispuesto a participar (39).

Después de una selección rigurosa, 90 pacientes cumplieron los criterios de inclusión, de estos, predominaba el sexo masculino y había una tendencia a que los pacientes del grupo de trasplante fueran mayores (52±12 años de edad) que los pacientes del grupo con implantación de un dispositivo de asistencia ventricular izquierda (47±13 años de edad) (39). Las evaluaciones fueron realizadas mediante unos folletos que consistía en 6 tipos de cuestionarios y se complementaron con pruebas de ejercicio cardiopulmonar (39). Se utilizaron Pruebas Estandarizadas de Ejercicio Cardiopulmonar (CPET por sus siglas en inglés) para evaluar la tolerancia al ejercicio físico en ambos grupos. Las pruebas siguieron protocolos incrementales estandarizados que controlaban los parámetros relevantes, incluyendo el entrenamiento por potencia en vatios (W) y el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máximo; ml/kg/min). (39) La velocidad fue ajustada individualmente en cada paciente para permitir el máximo desempeño mientras se evitaban los eventos de succión, para el ajuste de la misma en los pacientes, se basaron en las mediciones del diámetro del ventrículo izquierdo mediante una ecocardiografía transtorácica de reajuste. (39)

Dentro de los resultados se encontró que los cuestionarios sobre calidad de vida eran positivos y se mantuvieron estables durante todo el estudio, los datos sugirieron que el grupo con trasplante obtuvo una puntuación más alta respecto a la calidad de vida y "salud general" en comparación con la población normal en ambos puntos temporales de medición, sin embargo frente a la tolerancia al ejercicio encontraron mayores limitaciones en este grupo; esta observación sugiere que es probable que se produzcan limitaciones potenciales en las Actividades de la Vida Diaria – AVD, a pesar de una mejoría de la calidad de vida relacionada con la salud. (39) La tolerancia al ejercicio físico aumentó tanto en el grupo de pacientes con trasplante cardíaco como en el grupo de pacientes con dispositivos de asistencia ventricular, resultado que muy probablemente se atribuye a los beneficios del procedimiento quirúrgico al que fueron sometidos. No obstante, **ambos grupos tuvieron una tolerancia al ejercicio subóptima a pesar del tratamiento óptimo**. (39) Adicionalmente se encontró que después de ajustar la edad, el sexo y el IMC, el **grupo con implante de dispositivo de asistencia ventricular tuvo una menor tolerancia al ejercicio en relación con el grupo trasplante cardíaco** (39). No obstante, los valores de la tolerancia al ejercicio físico de los dos grupos de paciente representan limitaciones respectivas cuando se comparan con los valores preestablecidos de la población normal, que pueden afectar a largo plazo la calidad de vida de estos pacientes, por ende, **se deben establecer programas de rehabilitación ambulatoria a largo plazo con intervenciones específicas para ambos grupos, con énfasis en mejorar el funcionamiento físico y psicosocial** (39). A pesar de lo mencionado con anterioridad, este estudio presentó algunas limitaciones dentro de las que se encontró una población total de pacientes pequeña, lo que limitó la posibilidad de generalizar los hallazgos, adicionalmente se encontraron criterios que pueden sesgar los resultados como; población predominantemente masculina, los pacientes con dispositivos eran más jóvenes y tenían un nivel de educación superior y la pérdida de varios pacientes con dispositivos de asistencia ventricular durante el ensayo, todo esto se considera que pudo haber influido en los resultados. (39)

En el año 2013, Nytrøen y Gullestad realizaron una **publicación respecto al trasplante cardíaco para poder discutir futuras estrategias para la formulación de la actividad física** (22). Inicialmente tomaron como punto de partida el hecho de que numerosos estudios han demostrado que el **Ejercicio Aeróbico en Intervalos de Alta Intensidad (HIT)** es el tipo de actividad física que presenta mayores beneficios y efectos respecto a la salud de pacientes sanos o que cursan cualquier otra patología como la Enfermedad Coronaria. (22) Se ha demostrado que con el paso del tiempo, frecuente pero inconsistentemente, ocurre una reinervación simpática, esto ha sido evaluado utilizando métodos directos e indirectos de reinervación funcional como la variabilidad de la FC, la respuesta a la liberación de noradrenalina por la glándula suprarrenal y **la respuesta cronotrópica** (22), siendo esta última crucial, puesto que como resultado de la denervación del músculo cardiaco, la FC del individuo trasplantado tiende a estar alta en reposo, **superando los 100 LPM y que adicionalmente, hay una respuesta reducida de la misma**. (22)

Para este estudio se reclutaron 52 pacientes con trasplante cardíaco estables, pero solo 48 completaron el seguimiento por causas no especificadas. Se diseñaron intervenciones individuales para cada participante desde sus hogares y se asignó un fisioterapeuta local. **Su duración fue de 1 año, el cual se dividió en tres periodos de ejercicios intensivos, cada uno con una duración de 8 semanas.** (22) Posterior a estas semanas, el grupo de investigación y de fisioterapeutas se reunían para discutir de forma individual los resultados y mejoría de los pacientes, teniendo en cuenta el análisis detallado de la FC en los monitores, el registro de actividad física, la prueba máxima de la FC y el ajuste de determinadas zonas del entrenamiento para así programar los ejercicios del próximo periodo de ejercicio intensivo. Las sesiones de ejercicio se completaron a la intensidad objetivo durante el año que duró el estudio con una media del 96% en ausencia de efectos adversos, con lo que se pudo concluir la alta aplicabilidad y seguridad de este ejercicio. (22) Se reportó una **mejoría niveles del VO_2 pico de 27,7 - 30,9 mL/kg/min, lo que corresponde a un 80% - 89% de los valores pronosticados en un individuo sano, mientras otros estudios que aplicaron actividad física de**

intensidad moderada describen niveles entre los 50% -70%, por lo que se considera que el ejercicio HIT induce mayores efectos en pacientes trasplantados saludables. Adicionalmente, se encontró un aumento en el pulso de O_2 y reducción de los valores de la FC al realizar ejercicios submáximos, demostrando un **aumento en el volumen sistólico y un aumento significativo del índice de la respuesta cronotrópica de 0,89 - 0,95**. (22)

La Enfermedad Vascular del Injerto (EVI) es la principal limitación del éxito a largo plazo en pacientes trasplantados, de acuerdo a Nytrøen y Gullestad (2013) es la responsable de la mayoría de muertes en el primer año postrasplante. (22) En la práctica clínica de estos pacientes, se considera importante la profilaxis de la EVI aplicando modificadores de factores de riesgo generales como la actividad física ya que se menciona que la **progresión de esta patología se encuentra asociada al aumento de peso, el IMC y porcentaje de grasa visceral, todo esto se encuentra relacionado con un aumento en la respuesta inflamatoria y se considera que el HIT podría mitigar la progresión de la EVI, puesto que este tipo de actividad física ha demostrado reducir la carga inflamatoria.** (22) Como conclusión, los autores mencionan que la incompetencia cronotrópica en pacientes trasplantados estables no debe ser considerada como un factor limitante de la actividad física y, por ende, el HIT debería empezar a aplicarse en la práctica clínica ya que ha demostrado ser una forma eficaz y segura para mejorar la salud, principalmente a nivel periférico y la capacidad para realizar actividad física.

En el 2015, Marzolini et al. realizaron un estudio con el Instituto de Rehabilitación de Toronto para el Journal of Transplantation, en el que hablan sobre la importancia de los programas de rehabilitación cardíaca en receptores de trasplante cardíaco. Se ha demostrado que estos programas brindan un alto potencial para la mitigación de numerosos efectos secundarios al trasplante, principalmente por el **uso diario de medicamentos inmunosupresores,** los cuales generan **atrofia muscular periférica**,

desmineralización ósea, la pérdida significativa del acondicionamiento cardiovascular y el aumento del IMC. Dado a lo anterior, se encuentra un mayor riesgo cardiovascular en estos pacientes, por lo que se considera que el acceso oportuno y la adecuada adherencia al programa de rehabilitación son clave para el pronóstico de estos pacientes (40). Las recomendaciones canadienses sugieren que ***"se deben esperar de 4 a 10 días posterior al trasplante para iniciar el programa de rehabilitación cardíaca, con un lapso de 10 a 60 días como un punto de referencia "aceptable""*** *(*Marzolini, 2015*).* (40) En el artículo se menciona un meta-análisis en el que se evaluaron 6 estudios prospectivos, en los que evidenció que el **entrenamiento posterior al trasplante cardíaco ocasionó un aumento significativo del VO_2 pico una vez se hizo una comparación con el tratamiento estándar** (40).

Para el estudio se realizó un análisis retrospectivo, el cual se desarrolló basándose un pre-programa y un estudio 6 meses posterior en el que se hizo una comparación en la respuesta de la rehabilitación en pacientes con cirugía de revascularización miocárdica y trasplante cardíaco, para este participaron 43 hombres y mujeres con trasplante cardíaco y 43 con bypass coronario sin contraindicación para hacer actividad física, sin embargo, 28 descontinuaron el programa de rehabilitación por causas no especificadas, completando un total de 58 pacientes. (40) En el caso de los pacientes trasplantados, fueron referidos a un programa de rehabilitación cardíaca posterior a la cirugía de trasplante desde enero de 1996 hasta octubre del 2013, para aquello se tuvieron en cuenta las distintas características clínicas, farmacológicas y sociodemográficas. (40) Fue un trabajo con un grupo multidisciplinario en el que participaron médicos, fisioterapeutas, enfermeras, psicólogos, dietistas y kinesiólogos; y se realizó el mismo programa a ambos grupos. **Los participantes debían realizar actividad física de 90 minutos 1 vez/semana durante 6-12 meses y clases mensuales durante 4-12 meses dependiendo del ingreso de cada uno al programa de rehabilitación.** Las clases incluían entrenamiento aeróbico, sesiones de educación psicosocial y valoraciones por un nutricionista. A cada paciente se le asignó un "administrador", el cual debía ser el responsable del seguimiento de su caso.

Los pacientes debían completar 5 entrenamiento aeróbicos y 2-3 sesiones de entrenamiento de resistencia cada semana, posteriormente se les hacía seguimiento para evaluar respuesta y tolerancia. Inicialmente se prescribió la distancia que debían recorrer en una caminata, la cual debía ser de 1.6 km/día con una intensidad equivalente al 60-80% del VO_2 pico en la que debía realizarse un largo calentamiento y tiempo de relajación en los individuos que habían recibido trasplante. (40) Las prescripciones se modificaban y progresaban cada 2 semanas, en donde ocurría un aumento en la distancia recorrida con un máximo de 6.4 km y un aumento en la intensidad del máximo del VO_2 pico, siendo su valor del 80% con una duración máxima de 60 minutos y luego se ajustaba el entrenamiento para mantener el VO_2 pico en el valor mencionado con anterioridad. Los tratamientos de resistencia se iniciaron 8 semana después del entrenamiento aeróbico, para este se incluyeron 3 entrenamientos del cuerpo inferior, 5 del cuerpo superior y 2 entrenamientos para la estabilización del tronco con una progresión gradual de 10-15 repeticiones y un aumento de la resistencia, ya sea por 5 kg o mediante el aumento de un nivel de la banda y se reducía a 10 repeticiones. (40)

Para los resultados se tuvieron en cuenta los parámetros antropométricos y cardiorrespiratorios. Una vez se evaluó la capacidad funcional de estos pacientes se encontró una mejoría significativa del valor del VO_2 pico en pacientes trasplantados, mostrando un valor de $\Delta 2.4 \pm 4.2$ mL/kg/min; $16.0 \pm 28\%$, lo que mostró que hubo ganancias significativas a nivel cardiovascular teniendo en cuenta que estos individuos presentan un marcado desacondicionamiento físico dado a su condición previa a la cirugía. (40) En el artículo se menciona que un individuo sano para poder realizar Actividades de la Vida Diaria, ya sea caminar o vestirse, necesita de un requerimiento de oxígeno de 10-18 mL/kg/min; A pesar de que el VO_2 pico observado en pacientes trasplantados fue de 15 mL/kg/min, algunas rutinas pueden ser prohibidas dado a la máxima tensión que se les puede imponer a su sistema cardiovascular. Dado a la documentación de la ganancia en la capacidad para realizar actividad física posterior al programa de rehabilitación, que fue en un 16%, se considera que puede traer implicaciones positivas en la vida del paciente.(40) Niveles más altos del VO_2 pico puede brindar mayores beneficios en

relación a la mortalidad de los pacientes trasplantados. Se considera que los cambios en los valores del VO_2 pico relacionados al ejercicio se asocian en gran parte a las adaptaciones periféricas, **puesto que no se evidenciaron cambios en el volumen sistólico submáximo o en el gasto cardíaco, pero se ha señalado una mejoría a nivel endotelial una vez se aplica el entrenamiento físico en la vida cotidiana**. (40) Adicionalmente, se menciona que "*se encuentra una reversión de la miopatía muscular inducida por el uso de corticoesteroides e inhibidores de calcineurina*", siendo este otro mecanismo periférico que mejora la capacidad funcional de estos pacientes. (40)

En el 2016, Rosenbaum et al. hicieron un estudio con 201 pacientes que habían sido sometidos a un trasplante cardíaco en Mayo Clinic entre el año 2000 y el 2013, con el fin de determinar si la rehabilitación cardíaca temprana en pacientes postrasplantados afectaba la supervivencia a largo plazo. Para la realización de este estudio se excluyeron a los pacientes que habían sido sometidos a un trasplante multiorgánico y lo que fallecieron entre los primeros 90 días postrasplante. (41) A los 201 participantes se les hizo seguimiento durante 1, 5 y 10 años en los cuales se evaluaba de forma supervisada su **tolerancia al ejercicio aeróbico, con una duración de 30 a 45 minutos, con 10 a 15 minutos de ejercicios de estiramiento, durante 3 días por semana**. Como resultado, se obtuvo que **hubo una reducción marcada de la capacidad de ejercicio base pre-trasplante y una disminución de la disfunción renal leve en términos de medición de la creatinina.** De todos los pacientes en que fueron estudiados, 29 fallecieron durante el seguimiento, 13 pacientes no asistieron a las sesiones de rehabilitación cardíaca, 188 asistieron al menos a una sesión y finalmente, se encontró que hubo una supervivencia del 98%, 88% y 82% al año, a los cinco años y a los diez años respectivamente. (41)

En el 2016 en la Universidad de Oslo, se realizó un estudio aleatorizado por 5 años en el que se pretendía demostrar los efectos a largo plazo del entrenamiento en **intervalos de alta intensidad** en

receptores de trasplante cardíaco. Este estudio fue realizado con 41 pacientes que completaron una prueba controlada aleatorizada previa de 12 meses, en la que se comparó la intervención de entrenamientos de intervalos de alta intensidad y cuidados generales. Se usaron elementos de medición como el VO_2 pico, la capacidad muscular, la ecografía intravascular y cuestionarios de medición tanto de salud física como de la salud mental. Uno de los objetivos principales en este estudio era evaluar si el grupo que tuvo intervención de entrenamientos de intervalos de alta intensidad continuaron con estos ejercicios después de que el periodo de intervención terminó y si conservaron su capacidad física superior a largo plazo. (42) Cómo se mencionaba anteriormente, estos pacientes fueron evaluados midiendo el VO_2 pico al inicio y después de los 12 meses de ejercicio. Los criterios de inclusión fueron: Terapia médica óptima, condición clínica estable, la capacidad de realizar una prueba de ejercicio máxima en una cinta de correr y el consentimiento por escrito. (42)

Dentro de los resultados se encontró que los pacientes que completaron los primeros 12 meses de entrenamiento de alta intensidad tuvieron un aumento en la capacidad del VO_2 pico (3,2 mL/Kg/min desde la línea base), en comparación con el grupo base. (42) Sin embargo no pudieron mantener el nivel de ejercicios de alta intensidad y realizaron ejercicios de intensidad moderada, similares a los del grupo control, por lo que durante los siguientes 4 años de seguimiento tuvieron una disminución en la capacidad de VO_2 pico, al igual que en la capacidad muscular y el desarrollo de enfermedad de arteria coronaria con el paso de los años. (42) Dado a esto se demostró que **la intensidad moderada en el ejercicio es insuficiente para mantener los niveles altos de VO_2 pico que se consiguieron después de los ejercicio de alta intensidad en el primer año.** Además, se evidenció en el grupo de entrenamiento de alta intensidad una disminución en los niveles de ansiedad en comparación con el grupo control. (42)

En el 2018, Yardley realizó un estudio en el que explica que la medida estándar para evaluar la capacidad física es el pico de VO_2, el cual expresa la capacidad máxima del sistema cardiovascular para suministrar oxígeno a los músculos durante el ejercicio y la capacidad del músculo para extraer oxígeno de la sangre durante el mismo, adicionalmente se demostró que el VO_2 pico es un fuerte predictor de supervivencia en la población con enfermedad coronaria y en pacientes con insuficiencia cardíaca grave. (43) En uno de los estudios se investigó la supervivencia de dos poblaciones que recibieron trasplante cardíaco, en la primera población (N1) participaron 178 individuos, mientras que en la segunda (N2) fueron 133. En el primer grupo la edad media fue 52 años (88% de la muestra eran hombres), el tiempo de observación fue de un total de 11 años y como resultado se evidenció que la media de VO_2 pico para este grupo fue de 19.6 ml/kg/min. (43) En la segunda población, la edad media fue de 54 años, el tiempo observado fue de 10 años y se obtuvo una puntuación de función física de 90. Los resultados más importantes del estudio mencionado con anterioridad reflejaron que los grupos con VO_2 pico por encima del valor promedio (N1) y el de mayor puntuación en la función física (N2) presentaron una supervivencia mayor de cuatro años. (43)

En los resultados de otro de los estudios se encontró que para aumentar la capacidad física y prevenir las complicaciones a largo plazo, se debe implementar ejercicio aeróbico en los pacientes postrasplante cardíaco, sin embargo, es importante resaltar que, en la mayoría de los estudios, estos pacientes presentan una capacidad física inferior a la normal de la población normal sana. (43) Se reportó que el entrenamiento HIT en intervalos de alta intensidad es el entrenamiento más eficiente para aumentar el VO_2 pico, cuando se habla de este tipo de actividad física se hace referencia a una intensidad de 16-18 en la Escala de Borg sin embargo, la rehabilitación tradicional postrasplante cardíaco se enfoca en Entrenamiento Continuo de Intensidad Moderada (MICT), puesto a que en estos pacientes es muy común la incertidumbre y preocupación dado a la denervación y deterioro parasimpático del músculo cardíaco, lo cual es más prominente durante los primeros meses

posteriores a la cirugía, sin embargo se ha evidenciado que en la mayoría de los pacientes, éste tiende a normalizarse después de los 12 meses. (43)

En un estudio de seguimiento a los 5 años de un ensayo clínico aleatorizado que investigó los efectos de realizar intervención con entrenamiento HIT, en el cual se tenía una muestra de 48 pacientes 4 años postrasplante cardíaco asignados al azar a intervención con HIT por 12 meses, esto demostró que el VO_2 pico mejoró significativamente, con una diferencia de 3.6 ml/kg/min, mayor capacidad muscular y menor desarrollo de enfermedad de arteria coronaria en comparación con el grupo control, sin embargo este grupo no mantuvo la intensidad del ejercicio con el tiempo, aun así, en el seguimiento a 5 años se demostró que la disminución del VO_2 pico fue menor en el grupo HIT. Adicional a esto, la aparición de síntomas de ansiedad y depresión fue significativamente menor en el grupo de ejercicio. (43)

En 2017, Anderson, et al realizaron un reporte con el objetivo de determinar la **efectividad y seguridad de la rehabilitación basada en ejercicio sobre la mortalidad, eventos adversos, capacidad de ejercicio, calidad de vida relacionada con la salud, regreso al trabajo y costos después del trasplante cardíaco** (44). En el mismo, se incluyeron 10 ensayos de caso aleatorizados de Europa, EEUU, Canadá, Brasil y uno en Taiwán, con un total de 300 participantes con edad promedio de 54.4 años, el 25% de los participantes eran mujeres, con una mediana de seguimiento de 12 semanas, en todos los estudios el modo de entrenamiento fue aeróbico, **en forma de caminar, correr, montar bicicleta estática, la dosis de ejercicio varió entre 8-52 semanas, con una frecuencia de 1-5 días a la semana, con duración de 28-50 min por sesión e intensidad de 85-95% de la frecuencia cardíaca máxima, 60-80% de VO_2 máximo, 11-14 en la Escala de Borg, 50-70 RPM.** Seis de diez estados informaron la generación de secuencias aleatorias y solo dos estudios describieron los métodos de asignación. (44)

En uno de los trabajos que el autor referencia, se realizó un estudio comparando el valor inicial para el VO_2 pico en dos grupos, pacientes que recibieron entrenamiento de alta intensidad en intervalos y otro grupo que recibió entrenamiento continuo de moderada intensidad con evidencia de una capacidad de ejercicio superior en los pacientes con entrenamiento de alta intensidad sin embargo no se evidenció una diferencia en cuanto a la calidad de vida de los pacientes en los dos grupos. Cómo discusión de esta revisión se encontró que los pacientes postrasplante cardíaco, tienen mayores beneficios cuando se encuentran en los programas de rehabilitación cardíaca, pues aumenta su capacidad de ejercicio a corto plazo que los pacientes que no realizaron ningún entrenamiento físico. (44) Como conclusión, se encontró que este estudio concordaba con un estudio anterior de Cochrane en el cual se informaba que el **VO_2 es significativamente más alto en los pacientes que reciben atención postrasplante cardíaco y que se encuentran vinculados con una rehabilitación cardíaca oportuna.** (44) Adicionalmente otro estudio contemplado en esta revisión, en el 2012 informó que los pacientes que habían asistido a la rehabilitación cardíaca por 12 meses, posteriormente no pudieron mantener sus niveles de VO_2 pico ni la capacidad muscular a largo plazo. Estos datos recolectados pueden indicar que los niveles moderados de entrenamiento no son suficientes para que los pacientes a largo plazo puedan mantener altos los niveles de VO_2 pico y que puede ser necesario que de por vida se realiza actividad ejercicio para mantener sus efectos positivos. Los autores afirman que en muchos centros de rehabilitación cardíaca puede que no se encuentren disponibles las pruebas cardiopulmonares que rehacen de rutina en los ensayos clínicos por lo que sería necesario utilizar otros métodos como la tasa de esfuerzo percibida por el paciente. Adicionalmente mencionan que sigue existiendo una incertidumbre en cuanto a los programas de rehabilitación cardíaca y sus beneficios a largo plazo y si esta debería usarse en el entorno de la rehabilitación de rutina. (44)

En un artículo de investigación del 2019 en el cual Nytrøen et al. realizaron un ensayo multicéntrico, prospectivo, aleatorizado y controlado que incluyó a 81 pacientes, con una media de 11 semanas

posterior al trasplante cardíaco. Los participantes fueron aleatorizados **1:1 a 9 meses de ejercicio HIT con intervalos de 4 × 4 minutos al 85%–95% del esfuerzo máximo o entrenamiento continuo de intensidad moderada (60% –80% del esfuerzo máximo).** (45) Según el protocolo, todos los pacientes hicieron ejercicio **de 2 a 3 veces por semana durante el periodo de la intervención, cada sesión con una duración de 40 minutos aproximadamente, por lo cual la única diferencia entre los dos grupos fue la intensidad del ejercicio. La intervención HIT consistió en intervalos de 2-4 minutos al 85-95% del esfuerzo máximo, que se entiende como el 81-93% del VO_2 pico. Esta intensidad corresponde a un esfuerzo de 16-18 en la escala de Borg, la intervención se dividió en tres periodos y en el protocolo HIT se fue aumentando la duración e intensidad de los intervalos.** En el primer periodo que fue 3-6 meses después del trasplante, se realizó 1 sesión HIT, 1 sesión de resistencia de los grupos musculares grandes y 1 sesión combinada por semana. En el segundo periodo que fue 6-9 meses postrasplante, se realizaron 2 sesiones de HIT y 1 sesión de resistencia de los grupos musculares grandes por semana y el tercer periodo, los últimos 2-3 meses de la intervención, se realizaron 3 sesiones de HIT por semana, todas las sesiones supervisadas por fisioterapeutas para registrar frecuencia, duración e intensidad del ejercicio. (45) El segundo grupo realizó la misma cantidad de actividad física, sin embargo, con este grupo se siguió el protocolo de entrenamiento continuo de intensidad moderada, que se realizó al 60-80% del esfuerzo máximo. La adherencia se midió continuamente, cada paciente tuvo contacto personalmente con el fisioterapeuta a los 6 meses postrasplante. (45)

Al cabo de un año, 78 pacientes completaron con éxito el estudio, 37 en grupo HIT y 41 en grupo de entrenamiento continuo de intensidad moderada. La edad media fue de 49±13 años, el 73% de la cohorte fueron hombres, el VO_2 pico inicialmente fue más baja en el grupo HIT en la línea de base, sin embargo no fue una diferencia significativa, la única diferencia significativa fue la frecuencia cardíaca global en 24 horas, la cual aumentó de 124±14 a 142±17 LPM en el grupo HIT, mientras que en el grupo de entrenamiento continuo de intensidad moderada, aumento de 111±15 en el primer

periodo a una media de 121±16 LPM en el último periodo. (45) Adicional a esto, el VO_2 pico aumentó significativamente en el grupo HIT, con una diferencia de 1.8 ml/kg/min o la mitad de 1 equivalente metabólico sin embargo, los dos grupos mejoraron su VO_2 pico, en un 25% y 15% respectivamente. (45) El umbral anaeróbico aumentó más en el grupo HIT, con un cambio medio entre los grupos de 0.28 l/min. En cuanto a la respuesta cronotrópica mejoró en ambos grupos, no obstante, la frecuencia cardíaca máxima fue mayor en el grupo HIT. Es importante recalcar que los dos grupos mejoraron la fuerza muscular y la capacidad de ejercicio, pero el grupo HIT mostró un cambio significativo en la capacidad de ejercicio cuando se hizo seguimiento al año. No se encontraron cambios en variables ecocardiográficas, sin embargo, el grupo HIT mostró aumento significativo de la dimensión sistólica del ventrículo izquierdo. Con todo lo mencionado anteriormente, se llegó a la conclusión de que el entrenamiento HIIT es un método factible, seguro y efectivo en pacientes postrasplante cardíaco de novo, podría generar buenos efectos y mejorar el pronóstico. (45)

Tabla 3. Análisis de Resultados

Estudio	País	Metodología	Sexo	Tiempo de actividad física	Tipo(s) de actividad física	Escala de Borg	METs	Pico de VO2	Resultados
Kugler C, et al. 2011. (32)	Alemania	Estudio prospectivo y comparativo realizado en individuos mayores de 18 años. Se compararon los cambios con datos normativos ajustados a edad y género para la población, resultados funcionales y psicosociales de 54 pacientes trasplantados y 36 pacientes con dispositivos de AVI.	Ambos sexos, predominantemente masculino.	No especificado.	Prueba estandarizada de ejercicio cardiopulmonar	N/A	N/A	El consumo máximo de oxígeno aumentó en el caso de ambos grupos.	La tolerancia al ejercicio físico aumentó tanto en el grupo de pacientes trasplantados como en el grupo de pacientes con dispositivos de AVI. Los valores de la tolerancia al ejercicio físico de ambos grupos representan limitaciones cuando se comparan con los valores preestablecidos de la población normal. Se sugiere el establecimiento de programas de rehabilitación ambulatoria a largo plazo con intervenciones específicas para ambos grupos, con énfasis en mejorar el funcionamiento físico y psicosocial.
Nytrøen K, et al. 2013. (15)	Noruega	Se realizó una investigación sobre el efecto del HIT en pacientes receptores de trasplante cardiaco. Se diseñó una intervención de 1 año de duración para que cada participante llevase a cabo las actividades de forma individualizada. Para este estudio se reclutaron 52 pacientes entre los 18 y 60 años con trasplante cardíaco estables, sin embargo solo 48 completaron el seguimiento.	Masculino y femenino.	Duración actividad física variable de 30 minutos hasta 1.5 - 2 horas.	Duración de 1 año con división en 3 periodos de ejercicios intensivos, cada uno con una duración de 8 semanas. Se realizó entrenamiento aeróbico y tipo HIT.	N/A	N/A	Se reportó mejoría en niveles del VO2 pico de 27,7 - 30,9 mL/kg/min realizando ejercicio tipo HIT.	Con el HIT se obtuvo media del 96% en ausencia de efectos adversos, concluyéndose la alta aplicabilidad y seguridad de este ejercicio. Se reportó mejoría del VO2 pico de 27,7 - 30,9 mL/kg/min, que corresponde a un 80% - 89% de los valores pronosticados en un individuo sano a comparación de estudios que aplican actividad física de intensidad moderada. Se considera que el HIT induce mayores efectos en pacientes trasplantados saludables. Se encontró un aumento en el pulso de O2 y reducción de la frecuencia cardiada al realizar ejercicios submáximos, asociados al aumento en el volumen sistólico y del índice de respuesta cronotrópica.
Marzolini S, et al. 2015. (33)	Canadá	Análisis retrospectivo basado en un pre-programa y un estudio 6 meses posterior al trasplante cardiaco y se comparó su respuesta de la rehabilitación en pacientes con cirugía de RVM. Participaron 43 hombres y mujeres trasplantados entre los 49.6±11.4 años de edad y 43 con bypass coronario, ambos sin contraindicaciones para actividad física. 28 descontinuaron el programa completando un total de 58 pacientes.	Masculino y femenino.	Desde enero de 1996 hasta octubre del 2013. Actividad física de 90 minutos 1 vez/semana durante 6-12 meses y clases mensuales durante 4-12 meses, dependiendo del ingreso de cada uno al programa de rehabilitación.	Entrenamiento aeróbico y de resistencia asociados a un largo periodo de calentamiento y relajación muscular. Las prescripciones de la actividad física se modificaban y progresaban cada 2 semanas.	N/A	N/A	Mejoría significativa del VO2 pico en pacientes que recibieron trasplante cardíaco, mostrando un valor de Δ2.4±4.2 mL/kg/min; 16.0±28%	Mejoría del valor del VO2 pico de Δ2.4±4.2 mL/kg/min, asociado al aumento de la capacidad para realizar actividad física del 16%, lo que brinda mayores beneficios en relación a la mortalidad de los pacientes. Adicionalmente, aumentó el valor del VO2 pico, se evidenció mejoría a nivel endotelial y la reversión e la miopatía muscular inducida por medicamentos.

Tabla 3. Continuación Análisis de Resultados

Estudio	País	Metodología	Sexo	Tiempo de actividad física	Tipo(s) de actividad física	Escala de Borg	METs	Pico de VO2	Resultados
Rosenbaum A et al. 2016 (34)	Estados Unidos	Se realizo un estudio con 201 pacientes que habían sido sometidos a un trasplante cardíaco en Mayo Clinic entre el año 2000 y el 2013 con el fin de determinar si la rehabilitación cardíaca temprana en pacientes postrasplantados afectaba la supervivencia a largo plazo. En este estudio excluyeron a los pacientes que habían sido sometidos a un trasplante multiorgánico, pacientes fallecidos en los primeros 90 días postrasplante.	Masculino y femenino.	Ejercico de 30 a 45 minutos con 10 a 15 minutos de estiramiento durante 3 semanas. Se hizo seguimiento durante 1, 5 y 10 años.	Entrenamiento aeróbico.	N/A	N/A	N/A	Como resultados se obtuvo que hubo una reducción marcada de la capacidad de ejercicio base pre-trasplante y disminución de disfunción renal leve en términos de medición de la Creatinina. De todos los pacientes en estudio, 29 fallecieron durante el seguimiento, 13 pacientes no asistieron a las sesiones de rehabilitación cardíaca, 188 asistieron al menos a 1 sesión y hubo una supervivencia del 98%, 88% y 82% al año, a los cinco años y a los diez años respectivamente.
Yardley M, et al. 2016 (35)	Noruega	Estudio realizado con 41 pacientes que completaron una prueba controlada aleatorizada previa de 12 meses, en la que se comparó la intervención de entrenamientos tipo HIT y cuidados generales. Pacientes con rango de edad entre 49.1± 16.5 años de edad participaron en el estudio.	Masculino y femenino.	Variable.	HIT.	N/A	≥ 6 METs	Primeros 12 meses de entrenamiento HIT: Aumento en el en la capacidad de VO2 pico.	Los hallazgos sugieren que un nivel moderado de ejercicio e intensidad son insuficientes para mantener los niveles más altos del pico de VO2 que se lograron posterior al entramiento HIT. Cosideran probable la necesidad de aplicación de períodos intermitentes de entrenamiento HIT el mantenimiento de niveles altos del pico de VO2. Finlamente, el entrenamiento HIT puede reducir el desarrollo de los síntomas de ansiedad a largo plazo.
Yardley M, et al. 2018 (36)	Noruega	Estudio retrospectivo en el que se analizó la supervivencia de dos poblaciones postrasplante cardíaco (N=178 y N=133) con una media de edad de 52 y 54 años respectivamente. Adicionalmente, se analizó un estudio ECA que investiga los efectos de intervencion HIT en 48 pacientes 4 años después del trasplante.	Ambos sexos, predominantemente masculino (88%).	Tiempo de observación de 10 a 11 años.	HIT y MICT.	HIT: 16-18 MICT: 12-15	N/A	Media de VO2 pico de 19.6 ml/kg/min.	El HIT en intervalos de alta intensidad ha sido reportado como el más eficiente para aumentar el VO2 pico. En un estudio de seguimiento a los 5 años de un ensayo clínico aleatorizado sobre los efectos del HIT, mostró mejoría del VO2 pico, mayor capacidad muscular y menor desarrollo de EAC en comparación al grupo control. Adicionalmelmente se encontraron mejorías a nivele emocional.

Tabla 3. Continuación Análisis de Resultados

Estudio	País	Metodología	Sexo	Tiempo de actividad física	Tipo(s) de actividad física	Escala de Borg	METs	Pico de VO2	Resultados
Anderson L, et al. 2017. (37)	Londres	Se realizó reporte para la determinación de la efectividad y seguridad de la rehabilitación basada en ejercicio sobre la mortalidad, eventos adversos, capacidad de ejercicio, calidad de vida relacionada con la salud, regreso al trabajo y costos después del trasplante cardíaco. Pacientes con una mediana de edad de 54,4 años (rango de 45 años a 60,6 años).	Ambos sexos, predominantemente masculino (78,4%).	Variable entre los distintos ensayos. Duración total de 8 a 52 semanas, frecuencia de 1 a 5 días/semana y duración de la sesión de28 a 50 minutos / sesión.	Ejercicio vs. No ejercicio (Hermann 2011). HIT vs. MICT (Dall 2014).	11-14	N/A	El VO2 pico alcanzado fue del 60% a 80%.	Se encontró que los pacientes postrasplantes cardíaco tienen mayores beneficios cuando se encuentran en los programas de rehabilitación cardíaca, pues aumenta su capacidad de ejercicio a corto plazo a comparación de los pacientes que no realizaron ningún entrenamiento físico. Adicionalmente, este estudio concordaba con un estudio anterior de Cochrane en el cual se informaba que el VO2 es significativamente más alto en los pacientes que reciben atención postrasplante cardíaco y que se encuentran vinculados con una rehabilitación cardíaca oportuna.
Nytroen K, et al. 2019 (38)	Escandinavia	Ensayo multicéntrico, prospectivo, aleatorizado y controlado, en el que se incluyeron 81 pacientes, de 49±13 años durante 11 semanas después del trasplante cardíaco. Se asigno al azar 1:1 a realizar 9 meses de HIT al 85-95% del esfuerzo máximo o entrenamiento continuo de intensidad moderada al 60-80% de esfuerzo máximo. La capacidad de ejercicio aeróbico fue evaluada como el VO2 pico, además se evaluó tolerancia, eventos adversos, calidad de vida, FVI y función endotelial.	Ambos sexos, predominantemente masculino (73%).	9 meses, 2 a 3 veces por semana durante el periodo de intervención, cada sesión de aproximadamente 40 minutos.	HIT o MICT.	16-18	≈0.5 MET.	HIT 81-93% del VO2 pico y MICT del 60-80%.	En el seguimiento a un año, el grupo HIT demostró mayores mejorías respecto al grupo de MICT. El VO2 pico mostro diferencia media entre grupos de 1.8 mL · kg − 1 · min − 1 lo que equivale a ≈0.5 MET, por lo que se considera clínicamente significativo y relevante. Se evidenciaron cambios en el umbral anaeróbico (0.28 L / min), el flujo espiratorio máximo (11%) y la capacidad de ejercicio muscular extensor (464 J).

Abreviaturas: AVI: Asistencia Ventricular Izquierda, RVM: Revascularización Miocárdica, EAC: Enfermedad Arterial Coronaria, HIT: Entrenamiento de alta intensidad, ECA: Ensayo clínico aleatorizado, MICT: Entrenamiento continuo de intensidad moderada, FVI: Función Ventricular Izquierda

Discusión

Como se puede ver reflejado en los artículos recolectados para el análisis de resultados, la actividad física en los pacientes receptores de trasplante cardíaco juega un rol fundamental en la mejoría de la calidad de vida de estos individuos, pues la evidencia esgrime los beneficios que obtienen aquellos pacientes que asisten a programas de rehabilitación cardíaca en comparación de aquellos que no se benefician de dicho proceso. Los estudios permiten traslucir un aumento en la capacidad de ejercicio a corto plazo, con una mejoría en el bienestar y el rendimiento físico y en la respuesta cronotrópica al realizar actividad física aeróbica y/o tipo HIT, en especial en este último. Adicionalmente, un hallazgo significativo fue el aumento de los valores pico del VO_2, además de la mitigación de los numerosos efectos secundarios al trasplante cardíaco, mejorando así el pronóstico de estos pacientes. Por esta razón, en esta discusión se tomaron los resultados de los estudios expuestos en los resultados y se contrastan con hallazgos de otras revisiones y meta análisis del mismo encontrados en la literatura. A continuación, se discuten esos hallazgos:

En un meta-análisis realizado el 2011 por Hsieh et al., (46) se evaluaron 6 estudios basados en los efectos del ejercicio en pacientes post-trasplante cardíaco. Se tuvo en cuenta la capacidad de ejercicio y fuerza muscular de los participantes en sus respectivos estudios, haciendo énfasis en los cambios observados en el pico de VO_2 y en la fuerza muscular, evidenciándose un efecto benéfico para estos pacientes dado a la mejoría en ambos factores, a pesar de contar con pocos estudios sobre dicho tema (46). Los receptores de trasplante cardíaco presentan una anormalidad en la capacidad del ejercicio y en el rendimiento musculoesquelético, el cual es atribuido al prolongado desacondicionamiento físico, desgaste muscular y denervación del músculo cardíaco, estos hallazgos concuerdan con lo encontrado en esta revisión y como se pudoi establecer depende en gran medida de las comorbilidades y de los medicamentos usados para evitar el rechazo al trasplante. Para éste meta-análisis se tuvo en cuenta pacientes que recibieron trasplante cardíaco, que para el estudio realizaron actividad física

aeróbica, o con una combinación de ejercicio aeróbico y entrenamiento de resistencia. (46) En este trabajo se contemplaron 94 estudios de los cuales solo 12 fueron relevantes y de estos posteriormente se excluyeron 6. En estos ensayos, el promedio de edad era de 54.7 años, con un seguimiento de 8 semanas a 1 años postrasplante, para estos el 85% eran hombres. Solo dos estudios utilizaron entrenamiento aeróbico, otros dos entrenamiento de resistencia y los últimos dos combinados. Acerca del entrenamiento anaeróbico, se evidencio que era del 60-80% del pico de VO_2, en una puntuación de 7-20 puntos en la escala de Borg. Los ejercicios tenían una duración de 30 a 45 minutos, 2 a 5 veces por semana por 8 semanas hasta 6 meses. Los ejercicios que contenían residencia contaban con 4 a 9 actividades de los principales músculos del cuerpo de 10 a 15 repeticiones de 1 a 2 series. En cuanto los efectos del entrenamiento físico, se evidenció que el pico de VO_2 mejoró de forma significativa con la actividad física sin encontrar diferencias sustanciales entre entrenamiento aeróbico y entrenamiento combinado. En uno de los estudios se informó que después de la actividad evidenciaron mejoría en la ventilación minuto pico, la resistencia muscular, la calidad de vida, la variabilidad de la frecuencia cardíaca mediada por barorreceptores de la tensión arterial. (46). Esto concuerda con los hallazgos encontrados en esta revisión, en particular con lo que respecta a la importancia del VO2 pico y al empleo de la escala de Borg para el seguimiento del cumplicmiento de las metas establecidas en cada una de las fases del programa de rehabilitación cardíaca, desafortunadamente y a pesar de la importancia de este meta-análisis, no se hizo un contraste con respecto a la intensidad del ejercicio que pudiera mostrar la efectividad de la estrategia de ejercicios HIT.

En el 2011, Ray W Squires (47) publicó “Exercise Therapy for Cardiac Transplant Recipients” en donde mostró la respuesta fisiológica anormal del ejercicio realizado posterior al trasplante cardíaco, como resultado a la denervación quirúrgica de dicho procedimiento. En esta publicación, Squires recomienda que se deben realizar pruebas de ejercicio de forma gradual posterior al trasplante cardíaco, ya que se considera de gran utilidad para determinar la capacidad de ejercicio de cada

individuo, lograr una adecuada prescripción del entrenamiento con el ejercicio y a su vez, enseñarles a los pacientes respecto al momento en el que éstos regresen a sus actividades rutinarias. De acuerdo con el proceso de recuperación posterior al trasplante cardíaco, se recomienda esperar entre 6 a 8 semanas para la ejecución de pruebas graduales de ejercicio. Se establece que se puede iniciar con protocolos de caminadoras o con bicicletas ergométricas en varias etapas de 2 a 3 minutos o con pruebas de rampa como prueba de esfuerzo. Igualmente, el artículo destaca las pruebas de arranque de brazo en pacientes quienes presenten una recuperación completa de herida esternal para así evaluar la aptitud de miembro superior. La intensidad inicial del ejercicio deberá ser de 2 MET, con aumento posterior entre 1 a 2 MET por cada etapa. Así mismo, se recomienda la monitorización continua con ECG y con la Escala Borg para conocer el esfuerzo percibido por cada paciente en las etapas. Por otra parte, para determinar la capacidad aeróbica se aconseja que se haga una medición directa del VO_2 pico y sus variables asociadas. De esta forma los puntos finales de la prueba gradual de ejercicio deben ser el esfuerzo máximo sin síntomas o signos estándar de intolerancia al esfuerzo (47). Estas recomendaciones están acordes a lo encontrado en la presente revisión con respecto a que hay que tener en cuenta que uno de los factores más relevantes en el paciente postrasplante cardíaco es el de la denervación, lo que hace imposible un seguimiento de los parámetros del programa de rehabilitación cardíaca mediante el empleo de la Frecuencia Cardíaca como un indicador del progreso del programa de rehabilitación. Concuerda por lo tanto con los hallazgos de lo encontrado en la revisión en que una de las herramientas más útiles en el seguimiento de estos pacientes es la escala de Borg y la medida sistemática del pico de VO_2. Pero agrega algo fundamental para el proceso inicial de rehabilitación en estos pacientes y tiene que ver con el manejo inicial considerando la herida quirúrgica y los problemas asociados a la toracotomía y esternotomía que por dolor pueden obstaculizar la realización de los ejercicios en las primeras etapas. Concuerda tambien en que la dase uno no debe sobrepasar de los 2 METs y que el ejercicio debe realizarse de manera progresiva.

Por otra parte, afirma sobre múltiples informes que demuestran los beneficios del ejercicio aeróbico para pacientes después de trasplante cardíaco. Squires menciona el primer estudio más grande realizado por Niset y colegas en el año 1988, en el cual se estudiaron a 62 pacientes aproximadamente 1 año posterior al trasplante cardíaco. Los pacientes recibieron instrucciones sobre el ejercicio de entrenamiento y entraron bajo un programa supervisado, sin embargo, no se tuvo grupo de control y no se encuentra disponible una descripción precisa de la prescripción del ejercicio y sobre el cumplimiento del plan por parte de los pacientes que participaron en el estudio lo que hace difícil comparar con los resultados de esta revisión. A pesar de esto, es de importancia un notorio aumento del 33% del VO_2 pico el cual fue medido de forma directa. Así mismo, citaron en el mismo trabajo a Kavanagh y asociados quienes informaron los resultados de un programa de ejercicio de entrenamiento de una duración de 16 meses en 36 pacientes posterior a trasplante cardíaco sin un grupo de control, en donde el ejercicio de entrenamiento consistió en caminar y trotar. La actividad comenzó después de los 7 meses de la cirugía y en los resultados se evidenció un aumento promedio de 27% en el pico de VO_2. Se menciona que los obstáculos del estudio previamente mencionado fueron superados en 1999 por Kobashigawa y sus colaboradores, ya que realizaron un estudio durante 6 meses en 27 pacientes, para éste, se eligió un grupo al azar el cual fue sometido a un programa no estructurado de caminata en el hogar de forma supervisada y se sometieron a ejercicios aeróbicos y de fortalecimiento. Como resultado, se evidenció una mejoría más notoria del VO_2 pico en el grupo de ejercicio de entrenamiento supervisado, con lo que se pudo concluir que los ejercicios de entrenamiento supervisado parecen mejorar la condición física en mayor medida en comparación con los enfoques no estructurados (47). Aunque se sabe desde hace mucho tiempo que el ejercicio supervisado tiene efectos benéficos, la intensidad de ese ejercicio juega un papel importante dentro de los protocolos de rehabilitación cardíaca. Este estudio a diferencia de los referidos en los resultados de esta revisión, se ha centrado en una implementación tardía un programa de ejercicio en este tipo

de pacientes, dejando por fuera el factor de la alta intensidad y, como se puede apreciar por el tipo de ejercicio formulado, se corresponde a una estrategia de ejercicios de baja y moderada intensidad.

De acuerdo con la Sociedad Española de Cardiología, el objetivo primordial del programa de rehabilitación cardíaca es aumentar la calidad de vida de estos pacientes y de ser posible mejorar su pronóstico, además de dichos objetivos se tiene evidencia en la disminución mortalidad a corto y largo plazo. Dentro de estos programas, se debe implementar la práctica habitual de ejercicio físico de manera planificada con el fin de evitar complicaciones, basados en la capacidad física inicial, se debe hacer una progresión moderada, teniendo como meta lograr realizar marchas de una hora de duración, con una frecuencia de al menos cinco días a la semana (48).

Uno de los propósitos fundamentales del programa de rehabilitación, es el entrenamiento físico, el cual tiene efectos benéficos a nivel central como el aumento de la función ventricular y a nivel periférico la mejoría del funcionamiento del endotelio arterial, aumentar la capilaridad muscular, el tamaño y número de las mitocondrias y su capacidad oxidativa ejerce un efecto antiinflamatorio y disminuye las resistencias periféricas. Adicional a esto se presenta una disminución del estrés, depresión y ansiedad en estos pacientes. Este entrenamiento se debe realizar con una intensidad del 75-85% de la frecuencia cardíaca alcanzada en la prueba de esfuerzo, siempre sin sobrepasar una puntuación de 9-14 en la escala de Borg (48). Estos hallazgos concuerdan perfectamente en lo encontrado en los trabajos referidos en los resultados y muestran la importancia de la realización de la actividad física controlada en parámetros que no son solo de capacidad funcional sino de adaptación fisiológica y funcional en este tipo de pacientes.

En una revisión realizada por la Sociedad Europea de Cardiología en el año 2016 acerca de las pautas para los programas de rehabilitación cardíaca, se llegó a la conclusión de que en todos los lugares del mundo se realiza el mismo programa de rehabilitación posterior a la hospitalización. Adicionalmente, se refiere que el entrenamiento de resistencia aeróbica es la base del componente del ejercicio, con lo

cual se evidencia una notable mejoría en la capacidad cardiorrespiratoria y funcional, además de una reducción de los síntomas relacionados con la enfermedad, lo que conlleva a una reducción de la mortalidad. Las recomendaciones para la realización de ejercicios de resistencia aeróbica son universales, sin embargo, la intensidad a la que se realiza, debe ser individualizada. Es importante garantizar la seguridad del paciente durante el programa, por lo cual se debe iniciar con ejercicio de baja intensidad dado que los pacientes cardíacos tienen capacidad de ejercicio reducida. Sin embargo, se demostró que el entrenamiento combinado de resistencia y aeróbico, es más efectivo para promover un aumento de la masa muscular y reducir la grasa corporal a través de una tasa metabólico en reposo mejorada. Cabe recalcar que, si bien el entrenamiento de resistencia hace aumentar la presión arterial, la AHA emitió una declaración detallada en la cual dice que el entrenamiento de resistencia puede iniciarse a baja intensidad, siempre y cuando los pacientes tengan capacidad funcional de 4 MET. Finalmente, la actividad física continua y los cambios en el estilo de vida son imprescindibles para mantener los efectos positivos del programa de rehabilitación cardíaca. (49)

Estos hallazgos difieren enormemente con respecto a lo que se encontró y que está expuesto en los resultados, y tiene que ver con la intensidad de los ejercicios que se deben realizar en un programa de rehabilitación cardíaca en un paciente sometido a un trasplante cardíaco. A diferencia de lo encontrado por Price y colaboradores (49), en esta revisión se encontró que los programas de rehabilitación cardíaca están migrando cada vez más a lo que se conoce como la terapia HIT, entrenamiento de alta intensidad. Pero la implementación de esta estrategia es muy nueva lo que implica una debilidad de los estudios que por lo general es de pocos participantes y se requiere más tiempo y más trabajos para definir cual es la utilidad de los mismos.

El trasplante cardíaco es el nombre que se le da al procedimiento quirúrgico en el cual se reemplaza un corazón enfermo que no respondió a los diferentes métodos terapéuticos por el corazón sano de

un donante. Es importante aclarar que no todo paciente cardiópata es candidato para la realización de dicha intervención, razón por la cual existen criterios médicos para determinar qué paciente se beneficia del trasplante, los cuales fueron mencionados con anterioridad en esta revisión. Cabe recalcar que el principal objetivo de esta medida terapéutica es lograr una mejoría en la calidad de vida e incrementar el pronóstico de estos pacientes. A pesar de esto, los pacientes trasplantados no se encuentran exentos de presentar complicaciones secundarias a dicho procedimiento. Para llevar a cabo el trasplante, es importante contar con un grupo multidisciplinario constituido por médicos especialistas en cardiología, cirugía cardiovascular, fisiatras, psicólogos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, trabajadores sociales, entre otros.

Posterior a la intervención quirúrgica, los pacientes pueden presentar complicaciones a corto y largo plazo, lo cual pone en riesgo no solo el bienestar del paciente, si no también la integridad del órgano trasplantado. Estas complicaciones van desde el rechazo de órgano hasta taponamiento cardiaco y/o muerte súbita, siendo la infección la principal causa de muerte durante el primer año postrasplante, debido a que permanecen en terapia inmunosupresora de forma crónica, lo que hace que sean propensos a adquirir infecciones oportunistas y a la vasculopatía por injerto cardíaco, que corresponde a la principal causa de falla tardía del injerto y de mortalidad.

La actividad física es definida como cualquier movimiento realizado por los músculos esqueléticos y que genere un gasto de energía, con el fin de aumentar la tasa metabólica basal del organismo. La prescripción de actividad física debe ser individualizada, teniendo en cuenta factores como la edad, el estado físico y comorbilidades, sobre todo en pacientes postrasplante cardíaco, dado que se encuentran en desacondicionamiento físico, sin embargo, la evidencia ha demostrado que para que ésta tenga unos beneficios notables, debe realizarse como mínimo 150 minutos de actividad física aeróbica moderada o 55 minutos semanales de actividad física aeróbica vigorosa.

En esta revisión se encontró que, en la mayoría de los estudios, los pacientes referían una notable mejoría en su la calidad de vida y en la capacidad física respecto a su estado previo a la cirugía. De acuerdo al análisis de resultados, se evidenció mejoría en la tolerancia al ejercicio en los receptores del trasplante cardíaco y un aumento en el valor del VO_2 pico. Se encontró que los pacientes postrasplante cardíaco presentan más beneficios en relación a la salud cuando se encuentran inscritos en un programa de rehabilitación cardíaca en comparación a aquellos pacientes que no asisten al mismo. **Se demostró que al realizar ejercicio a un nivel de intensidad leve/moderado no es suficiente para mantener el nivel más alto de VO_2 pico, el cual sí se evidencia con la actividad física de alta intensidad o HIT, razón por la cual se considera aplicar este tipo de entrenamiento en períodos intermitentes para así lograr alcanzar los niveles máximos del VO_2 pico, el cual se encuentra asociado a un mejor pronóstico. Adicional a esto, se ha demostrado que el entrenamiento de alta intensidad reduce síntomas de ansiedad y depresión a largo plazo, los cuales son hallazgos muy comunes en estos pacientes. El entrenamiento HIT aumenta significativamente los mediadores inflamatorios de la angiogénesis, lo cual se considera que es un mecanismo útil para estimular y regular la formación de vasos sanguíneos de novo en el músculo esquelético, lo que permite aumentar la capacidad física ya que brinda una mayor irrigación y oxigenación al mismo.**

Posterior al trasplante cardíaco, los pacientes muestran una mejoría en la capacidad para realizar ejercicio, sin embargo, es claro que esta continúa siendo inferior en comparación de los individuos sanos, lo anterior se explica por los cambios en la fisiología periférica y en la hemodinamia central posterior al trasplante cardíaco, dados por una disminución del gasto cardiaco por una alteración en la función cronotrópica y una disminución en el volumen sistólico. Es importante recalcar los fenómenos periféricos en el paciente trasplantado, dentro de los que se encuentran la disminución de la fuerza muscular, la capacidad oxidativa, el aporte sanguíneo y la capacidad de vasodilatación en estos individuos. Como se menciona anteriormente, el corazón trasplantado se encuentra denervado,

por lo que su frecuencia cardíaca se encuentra aumentada en reposo y presenta una respuesta a la frecuencia cardíaca reducida, esto se conoce como incompetencia cronotrópica. En el caso del paciente postrasplante cardíaco, la frecuencia cardíaca es un marcador importante de mortalidad en el primer año, entendiéndose que, a mayor frecuencia cardiaca en reposo, mayor riesgo de mortalidad.

Conclusión

Es necesario tener siempre en mente que el paciente sometido al trasplante coronario tiene un corazón denervado. Por esta razón la medida del progreso y de la intensidad del ejercico debe hacerse mediante el pico de VO_2 y mediante la escala de Borg. Es imprescindible individualizar cada plan de entrenamiento para obtener mayores resultados en el paciente y brindar un mejor pronóstico, reflejado en una mejoría en la calidad de vida. Sin embargo, se considera pertinente la realización de más estudios que demuestren los beneficios de la actividad física tipo HIT en pacientes que recibieron trasplante cardíaco, dado que como se evidenció en la mayoría de los estudios revisados, este tipo de entrenamiento ha demostrado mejores resultados de manera integral en estos pacientes, entre los que se puede resaltar una mejoría en la capacidad funcional y un aumento del pico de VO_2, logrando llegar a niveles máximos, cosa que no se obtiene al realizar actividad física aeróbica de intensidad leve/moderada. De acuerdo a lo anterior, se sugiere la realización de investigaciones centradas en este tema ya que en se encontró una limitación en la bibliografía. Se considera que la terapia HIT pudiera una estrategia innovadora y revolucionaria en los programas de rehabilitación cardíaca y así mismo, en la rehabilitación del paciente postrasplante cardíaco.

Referencias Bibliográficas

1. Mampuya WM. Caerdiac rehabilitation past, present and future: An Overview. Cardiovasc Diagn Ther 2012;2 (1):38-49.
2. Anderson L, Thompson DR; Oldridge N, Zwisler A, Rees K, Martin N, et al. Exercise-based rehabilitation for coronary heart disease. Cochrane Database Syst Rev. 2011 Jul 6;(7):CD001800.
3. Awad M, Czer LSC, Hou M, Golshani SS, Goltche M, De Robertis M, et al Early denervation and later reinnervation of the heart following cardiac transplantation: A review.
4. Durstine JL, Burns K, Gordon B, Liguori G. Ejercicio para personas con enfermedades cardiovasculares, pulmonares y metabólicas controladas. En: Liguori G ACSM Recursos para el especialista en fitness y salud. Edición en español. China: Lippincott Williams & Wilkins. 2014.
5. DeCampli WM, Luikart H, Hunt S, Stinton EB. Characteristics of patients surviving more than ten years after cardiac transplantation.
6. Yardley M, Gullestad L, Nytroen K. Importance of physical capacity and the effects of exercise in heart transplant recipients. Word J Transplant. 2018;8:1-12.
7. Shephard RJ, Kavanagh T Mertens DJ, Yacoub M. The place of perceivedexertion ratings in exercise prescription for cardiac transplant patients before and after training. Br J Sports Med 1996;30:116-21
8. MSSSI, Organización Nacional de Trasplantes, European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare, Consejo Europeo. Newsletter transplant. International figures on donation and transplantation 2016. 2017;22:70. Disponible en: http://www.ont.es/publicaciones/Documents/NEWSLETTER 2017_baja (2).pdf
9. Ospina ML. Boletín de prensa situación del trasplante en Colombia 2017. 2018;57(1):1–2. Available from: http://www.ins.gov.co/Paginas/inicio.aspx
10. Urzúa M, Alfonso; Caqueo-Urízar, Alejandra Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto Terapia Psicológica, SCPCC 2012; v 30 (1): 61-71.
11. Coordinación Regional 2 de la Red de Donación y Trasplantes de Órganos y Tejidos. ¿Cuánto cuesta un trasplante? 2019; Disponible en: https://www.dssa.gov.co/donacionytrasplantes/index.php?option=com_k2&view=item&id=39:cuanto-cuesta-un-trasplante&Itemid=131
12. Almenar L, Delgado J, Crespo M, Segovia J. Situación actual del trasplante cardiaco en España. Revista Española de Cardiología 2010; 63:132-149
13. . Balboa Navarro Y, Cintra Cala O. La actividad física: un aporte para la salud. 2011; 159: 1-10.
14. Karimi M, Brazier J. Health, Health-Related Quality of Life, and Quality of Life: What is the Difference?. NCBI 2016; 34(7): 645–649. Doi 10.1007/s40273-016-0389-9
15. Nava Galán, M., 2012. *La Calidad De Vida: Análisis Multidimensional*. 11th ed. [ebook] pp.129-137. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/enfneu/ene-2012/ene123c.pdf> [Accessed 18 March 2020].
16. World Health Organization. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: Actividad física [Internet]. Organización Mundial de la Salud. [Citado 2018 Mayo 30]. Disponible en: http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/
17. Vidarte Claros JA, Velez Alvarez C, Sandoval Cuellar C, Alfonso Mora ML. Actividad física: estrategia de promoción de la salud. 2011; 16 (1): 202-218.
18. World Health Organization. Recomendaciones Mundiales sobre Actividad Física para la Salud. Geneva WHO Libr Cat [Internet]. 2010;(Completo):7–25. Disponible en:

http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44441/9789243599977_spa.pdf;jsessionid=A1EEEBF15C02EA4F7794E3C461232A9B?sequence=1
19. Matsudo SMM. Actividad Física: Pasaporte Para La Salud. Rev Med Clin Las Condes. 2012 ;23 (3): 209–217. Doi 10.1016/s0716-8640(12)70303-6
20. Sánchez IA. Entrenamiento de la fuerza muscular como coadyuvante en la disminución del riesgo cardiovascular: una revisión sistemática. Rev Col Cardiol. 2009; 16:239-48.
21. Carvalho VO, Bocchi EA, Guimarães GV. Aerobic Exercise Prescription in Adult Heart Transplant Recipients: A Review. Cardiovascular Therapeutics 2011 Oct;29(5):322-326.
22. Nytrøen K, Gullestad L. Exercise after heart transplantation: An overview. World journal of transplantation 2013 Dec 24,;3(4):78-90.
23. Medina K. Influencia de la fuerza máxima en la fuerza explosiva. 2015; Disponible en: https://www.efdeportes.com/efd204/influencia-de-la-fuerza-maxima-en-la-fuerza-explosiva.htm.
24. Vinuesa M, Vinuesa I. Conceptos y métodos para el entrenamiento físico. Ministerio de Defensa de España: Ministerio de Defensa: Secretaría General Técnica; 2016.
25. Pancorbo Sandoval A. Medicina y ciencias del deporte y la actividad física. Barcelona: Océano Ergon; 2013.
26. Delgado Fernández M, Gutiérrez Saínz A, Castillo Garzón M. Entrenamiento físico-deportivo y alimentación: de la infancia a la edad adulta (3a. ed.). Barcelona: Editorial Paidotribo México; 2016.
27. Arias-Vázquez PI, Balam-De la Vega V, Sulub-Herrera A, Carrillo-Rubio JA, Ramírez-Meléndez A. Beneficios clínicos y prescripción del ejercicio en la prevención cardiovascular primaria: Revisión. RMMFR. 2013;25(2): 63–72.
28. Rivas Estany E. Enfermedades cardiovasculares y actividad física: Recomendaciones para la Atención Primaria de Salud en Cuba. CorSalud 2016;v 8 (3): 139-143.
29. Burkhalter N. Evaluación de la escala Borg de esfuerzo percibido aplicada a la rehabilitación cardíaca. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 1996;4(3):65-73. doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0104-11691996000300006.
30. Perceived Exertion (Borg Rating of Perceived Exertion Scale). 2020; Disponible en: https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/exertion.htm.
31. José F, Lacruz R. El trasplante cardíaco. In: Editorial Nerea SA, editor. Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA [Internet]. 1ra ed. Bilbao: Fundación BBVA; 2009. p. 377. Disponible en: https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2009_salud_cardiovascular.pdf
32. Ceruti B, Chiesa P, Tambasco J, Anzíbar R, Gutiérrez C, Barboza S, et al. Trasplante cardíaco: Experiencia de 15 años del Instituto de Cardiología Infantil. RUC 2012; 27 (3): 273–85.
33. Sociedad colombiana de cardiología y cirugía cardiovascular. Guías colombianas de cardiología - Trasplante cardíaco. Rev Colomb Cardiol. 2009;16(2):20–69.
34. Jessup, Mariell, MD, FACC, FAHA, Drazner, Mark H., MD, MSc, FACC, FAHA, FHFSA, Book, Wendy, MD, FACC, Cleveland, Joseph C., MD, FACC, Dauber, Ira, MD, FACC, FAHA, FACP, Farkas, Susan, MD, FACC, et al. 2017 ACC/AHA/HFSA/ISHLT/ACP Advanced Training Statement on Advanced Heart Failure and Transplant Cardiology (Revision of the ACCF/AHA/ACP/HFSA/ISHLT 2010 Clinical Competence Statement on Management of Patients With Advanced Heart Failure and Cardiac Transplant). JACC (Journal of the American College of Cardiology) 2017;69(24):2977-3001.
35. Hurst JW, Fuster V, Walsh RA, Harrington RA. Hurst's The Heart, volume one. Hunt SA, King III SB, Nash IS, Prystowsky EN, Roberts R, Rose E, editors. 13th Edition. 2011;1179.
36. Yamani M, Taylor D. Heart Transplantation. In: Current Clinical Medicine. 2nd edition. Philadelphia, PA: Saunders, Elsevier; 2010. p. 180–6.

37. Lázaro RJB, Pocovi SR, Cabeza PM, Fernández JL, Mejuto EC, García SS-F, et al. Trasplante cardíaco. Cirugía Cardiovasc. 2011;18(2):91–102. doi: https://doi.org/10.1016/S1134-0096(11)70063-8
38. Caballero E.B, Jiménez-López J, Chavez-Leal S, Barge-Caballero G, Paniagua-Martin MJ, Marzoa Rivas R, et al. Significado pronóstico y evolución a largo plazo de la frecuencia cardíaca en los pacientes con trasplante cardíaco. Rev Esp Cardiol. 2015;68:943-50. doi: 10.1016/j.recesp.2014.09.027
39. Kugler C, PhD, Malehsa D, MD, Tegtbur U, MD, Guetzlaff E, MD, Meyer AL, MD, Bara C, MD, et al. Health-related quality of life and exercise tolerance in recipients of heart transplants and left ventricular assist devices: A prospective, comparative study. Journal of Heart and Lung Transplantation 2011;30(2):204-210.
40. Marzolini S, Grace S, Brooks D, Corbett D, Mathur S, Bertelink R, et al. Time-to-Referral, Use, and Efficacy of Cardiac Rehabilitation After Heart Transplantation. Transplantation 2015 Mar;99(3):594-601.
41. Rosenbaum AN, MD, Kremers WK, PhD, Schirger JA, MD, Thomas, Randal J., MS, MD, Squires RW, PhD, Allison TG, PhD, et al. Association Between Early Cardiac Rehabilitation and Long-term Survival in Cardiac Transplant Recipients. Mayo Clinic Proceedings 2016, febrero;91(2):149-156.
42. Yardley M, Gullestad L, Bendz B, Bjørkelund E, Rolid K, Arora S, et al. Long-term effects of high-intensity interval training in heart transplant recipients: A 5-year follow-up study of a randomized controlled trial. Clinical Transplantation 2017 Jan;31(1): e12868-n/a.
43. Yardley M, Gullestad L, Nytrøen K. Importance of physical capacity and the effects of exercise in heart transplant recipients. World Journal of Transplantation. 2018;8(1):1-12.
44. Anderson L, Nguyen TT, Dall CH, Burgess L, Bridges C, Taylor RS. Exercise-based cardiac rehabilitation in heart transplant recipients (Review). Cochrane Database of Systematic Reviews 2017;4(CD012264).
45. Nytrøen K, Rolid K, Andreassen AK, Yardley M, Gude E, Dahle DO, et al. Effect of High-Intensity Interval Training in De Novo Heart Transplant Recipients in Scandinavia. Circulation 2019 May 7,;139(19):2198.
46. Hsieh P, Wu Y, Chao W. Effects of Exercise Training in Heart Transplant Recipients: A Meta-Analysis. Cardiology 2011 Dec;120(1):27-35.
47. Squires RW. Exercise Therapy for Cardiac Transplant Recipients. Progress in Cardiovascular Diseases 2011;53(6):429-436.
48. Maroto Montero J. Rehabilitación cardiaca. Sociedad Española de Cardiología; 2009.
49. Price KJ, Gordon BA, Bird SR, Benson AC. A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: Is there an international consensus? European Journal of Preventive Cardiology 2016 Nov;23(16):1715-1733.

Listado de Siglas

AHA: American Heart Association

ATP: Adenosín Trifosfato

CO_2: Dióxido de Carbono

CPET: Pruebas Estandarizadas de Ejercicio Cardiopulmonar

CVRS: Capacidad de ejercicio y calidad de vida relacionada con la salud del paciente

EAC: Enfermedad arterial coronaria

ECA: Ensayos controlados aleatorios

ECG: Electrocardiograma

EPS: Entidad Prestadora de Salud

EVI: Enfermedad vascular del injerto

FC: Frecuencia cardíaca

FIM: Escala de independencia funcional

GODT: Observatorio mundial de donación y trasplante

HCO_3-: Bicarbonato

HIT: Entrenamiento de alta intensidad

HTA: Hipertensión Arterial

H_2O: Agua

IAM: Infarto Agudo de Miocardio

IMC: Índice de masa corporal

ISHLT: International Society for Heart and Lung Transplantation

LPM: Latidos por minutos

MET: Unidad metabólica basal

MICT: Entrenamiento continuo de intensidad moderada

O_2: Oxígeno

OMS: Organización Mundial de la Salud

TxC: Trasplante cardíaco

UNOS: United Network for Organ Sharing

VO_2 pico: Consumo pico de oxígeno

W: Vatios

Glosario

Actividad física: Cualquier movimiento del cuerpo ante una necesidad en las actividades de la vida cotidiana.

Calidad de vida: Bienestar general que comprende descriptores objetivos y evaluaciones subjetivas de bienestar físico, material, social y emocional, junto con el grado de desarrollo personal y actividad útil, todo ponderado por un personal conjunto de valores.

Consumo pico de oxígeno (VO_2 pico): Nivel máximo de consumo de oxígeno de un individuo.

Escala de Borg: Escala utilizada para medir la gama entera del esfuerzo que un individuo percibe al hacer ejercicio.

Fuerza muscular: Capacidad física para la realización de las actividades básicas del ser humano.

Trasplante cardíaco: Proceso de extraer un corazón enfermo que no puede ser curado con fármacos o cirugía convencional y reemplazarlo por un corazón sano de un donante.

Unidad Metabólica Basal (MET): Equivalente a 3.5 ml/kg/minuto de oxígeno que consume un individuo para cubrir sus necesidades basales.