

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Cambios de morfología y función cardíaca y  
adaptaciones metabólicas luego de entrenamiento  
para Medio Ironman en Costa Rica

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración  
de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en  
Cardiología para optar al grado y título de Maestría Profesional en  
Cardiología

Pamela Chaves Rodríguez

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica  
2017

# AGRADECIMIENTOS

A mis padres Aneby y Manuel, que sin utilizar palabras me demostraron el amor y la pasión con la que se dedican a sus profesión. Sin sus ejemplos no sé si hubiera estudiado medicina, pero les agradezco por transmitirme esa dedicación por la gente y por la ciencia. Porque siempre confiaron en mí y me impulsaron a alcanzar cualquier meta que me propusiera, esto no sólo conmigo, sino con mis hermanos. Gracias por su amor sin límites y por ser un gran ejemplo como personas, padres y profesionales, no hay mejor manera de enseñar que esa. Anhele con todo mi corazón algún día poder educar a mis hijos como ambos lo hicieron conmigo. No me canso de agradecer a Dios por permitirme ser su hija.

A mi esposo que desde el principio sabía que mi profesión era algo más demandante que otras y me amó y me comprendió y me hizo luchar y seguir adelante en cada momento de este camino que ha tenido momentos muy felices y otros muy estresantes. Te amo con todo mi corazón.

A mis hermanos muchas gracias porque me han enseñado infinidad de cosas de la vida. Son personas extraordinarias y un verdadero ejemplo a seguir. Soy privilegiada de tener hermanos como ustedes. Han estado a mi lado en las buenas y en las malas demostrando amor y no tengo cómo agradecerles. Gracias por ser como son y le pido a Dios que sigamos siendo unidos por siempre. Siempre serán dueños de una parte fundamental de mi corazón y les pido perdón si alguna vez le he fallado.

Gracias al Dr. Andrés Benavides por creer en los anhelos de cada uno de los residentes y principalmente por apoyarme en mi deseo de dedicarme a una rama tan abandonada en nuestro país.

A todos los amigos y las personas que me he encontrado en este camino que de una u otra forma me han apoyado y han creído en mí.

A Dios, el más importante de todos, gracias por la salud, la vida, la familia, porque todo lo que soy, es por Dios.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Cardiología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar para el título de Médico Especialista en Cardiología.”

---

Dr. Álvaro Morales Ramírez  
Decano  
Sistema de Estudios de Posgrado



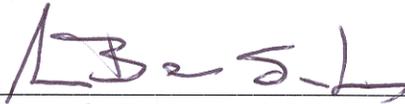
---

Dr. Daniel Quesada Chaves  
Médico Asistente Especialista en Cardiología  
Profesor Guía



---

Dr. Mario Bolaños Arrieta  
Médico Asistente Especialista en Cardiología  
Lector



---

Dr. Andrés Benavides Santos  
Médico Asistente Especialista en Cardiología  
Director Programa de Posgrado en Cardiología



---

Pamela Chaves Rodríguez  
Sustentante

# TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	2
Hoja de Aprobación.....	4
Tabla de Contenido.....	5
Resumen.....	6
Lista de Cuadros.....	7
Lista de Tablas.....	8
Lista de Ilustraciones.....	9
Lista de Abreviaturas.....	10
Introducción.....	11
Desarrollo.....	19
A. Criterios de inclusión y exclusión.....	19
B. Objetivo del estudio.....	20
C. Comparaciones.....	20
D. Resultados esperables.....	21
E. Objetivo general.....	21
F. Objetivos específicos.....	21
G. Almacenaje de Datos y Confidencialidad.....	22
H. Tabla de operacionalización de Variables.....	23
I. Posibles Riesgos de los participantes.....	27
J. Potenciales beneficios potenciales al participante y para la sociedad.....	29
K. Balance Riesgo/Beneficio.....	31
L. Método para el análisis de datos.....	31
M. Cálculo de tamaño muestral.....	32
N. Poder estadístico.....	32
O. Método de Identificación y Reclutamiento.....	32
P. Proceso para obtener el consentimiento informado.....	33
Q. Mecanismos para garantizar la integridad y veracidad de los datos.....	33
R. Protección de la Identidad y la confidencialidad de los participantes.....	34
S. Consideraciones Bioéticas.....	34
Conclusiones.....	39
Bibliografía.....	40

# RESUMEN

Este proyecto de investigación es un estudio prospectivo observacional. Tiene como sujetos a deportistas que practican triatlón a nivel amateur y que vayan a participar en un triatlón de larga distancia medio Ironman en nuestro país. Cada participante será sometido a un ecocardiograma y a una ergoespirometría 5 meses antes del triatlón seleccionado y justo previo a dicha prueba. Se medirá el grosor de las paredes del ventrículo izquierdo, el diámetro de la cavidad del ventrículo izquierdo y del ventrículo derecho, el volumen de ambas aurículas, medidas de función sistólica y diastólica, el consumo máximo de oxígeno, entre otros parámetros. Se compararán las mediciones de la primera valoración con las de la segunda, lo que indica que el grupo control son los mismos triatletas en la primera valoración.

No habrá intervención alguna en alimentación, horas de entrenamiento, tipo de entrenamiento, horas de sueño, ni mucho menos administraremos medicamentos. Es un estudio observacional.

El objetivo del trabajo es determinar diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones tomadas 5 meses antes del evento y justo antes del mismo. Se buscará una relación entre horas de entrenamiento y años de entrenamiento con los hallazgos encontrados en los parámetros de ambas valoraciones.

De verse un cambio significativo se podría concluir que se debe al entrenamiento para este tipo de prueba deportiva tan exigente.

# LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Entrevista corta que se realizará al triatleta previo a cada valoración.

# LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Hipótesis de Morganroth. A: no deportista, B: deportista de fuerza, hipertrofia concéntrica del ventrículo izquierdo C: deportista de resistencia, hipertrofia excéntrica del ventrículo izquierdo.

Ilustración 2: Aurícula izquierda (AI) en deportista de resistencia, remero. El límite superior del volumen de la AI es de 34 mL/m<sup>2</sup> según las últimas guías de la ASE. Este deportista tiene una AI de 38.1 mL/m<sup>2</sup>, consistente con dilatación de AI.

Ilustración 3. Ventrículo derecho de deportista de resistencia. El diámetro basal es de 44 mm y el límite superior del mismo establecido por las Guías de la ASE 2015 es de 41 mm. El diámetro longitudinal sí se encuentra dentro de los límites de la normalidad.

Ilustración 4. Función diastólica supranormal en corredor competitivo. El llenado mitral muestra una relación E/A: 2.97. El doppler tisular (TDI) del septo interventricular (SIV) y de la pared lateral muestran velocidades altas así como relación E/E' en 4.9 lo que muestra función diastólica normal.

Ilustración 5. John Collins y su esposa Judy Collins fueron los que establecieron las distancias Ironman que son 3.8 km de natación, 180 km en bicicleta y 42 km de carrera.

# LISTA DE ABREVIATURAS

AI Aurícula izquierda

ASE American Society of Echocardiography

CardioRMN Cardio Resonancia Magnética Nuclear

DDVI Diámetro diastólico ventricular izquierdo

DSVI Diámetro Sistólico Ventricular Izquierdo

FE Fracción de eyección

PPVI Pared posterior Ventrículo Izquierdo

SIV Septum interventricular

TDI Tissue Doppler Imaging

VD Ventrículo Derecho

VI ventrículo Izquierdo

VO<sub>2</sub> Máx Consumo máximo de oxígeno

VT<sub>1</sub> Primer umbral ventilatorio

VT<sub>2</sub> Segundo umbral ventilatorio

# INTRODUCCIÓN

El estudio de la adaptación cardiovascular al ejercicio ha tenido gran auge en los últimos tiempos. Desde hace 50 años aproximadamente se han estado estudiando los cambios que sufre el corazón de los deportistas sanos comparativamente con las personas sanas no deportistas. A raíz de esto, nace la entidad conocida como corazón de atleta la cual hace referencia al cuadro clínico caracterizado por bradicardia y crecimiento cardiaco(1). En la actualidad es aceptado, sin lugar a dudas, que el entrenamiento físico y principalmente el que involucra actividades de resistencia o de tipo aeróbico produce las mayores adaptaciones(2). En los años 70 y 80 se creía que el entrenamiento de fuerza producía una hipertrofia concéntrica del ventrículo izquierdo (VI), y el de resistencia producía una hipertrofia excéntrica ventricular izquierda(3).

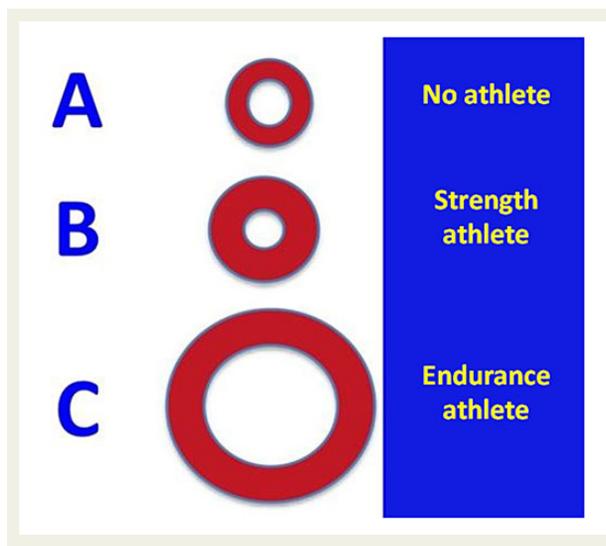


Ilustración 1. Hipótesis de Morganroth.  
A: no deportista, B: deportista de fuerza, hipertrofia concéntrica del ventrículo izquierdo C: deportista de resistencia, hipertrofia excéntrica del ventrículo izquierdo.

Esta hipótesis la formuló un cardiólogo estadounidense en 1975, Joel Morganroth, y se conoce como hipótesis de Morganroth. Hoy se sabe que el entrenamiento de resistencia es el responsable principal de los cambios.

Es importante mencionar que inicialmente el estudio del corazón de atleta se enfocó en el VI El ventrículo derecho(VD) fue dejado de lado y más lo fueron las aurículas. Actualmente, se le ha dado importancia al resto de las cámaras cardíacas, ambos ventrículos y aurículas, no sólo en su morfología, sino también en cuanto a la función de las mismas. El estudio del corazón de atleta es hoy en día mucho más completo.

Las modificaciones que se producen a nivel cardíaco como respuesta al entrenamiento involucran tanto alteraciones morfológicas como de función(1). Estructuralmente lo que ocurre es una dilatación de las 4 cámaras cardíacas, los 2 ventrículos y las 2 aurículas, y un aumento del grosor de las paredes del VI, de manera que se produce una hipertrofia excéntrica ventricular izquierda(2). Esta hipertrofia excéntrica del VI como se menciona previamente, se acompaña de aumento del volumen del VD y de ambas aurículas.

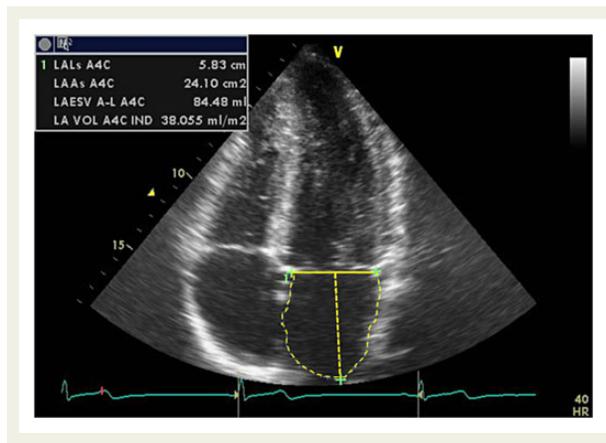


Ilustración 2. Aurícula izquierda (AI) en deportista de resistencia, remero. El límite superior del volumen de la AI es de 34 mL/m<sup>2</sup> según las últimas guías de la ASE. Este deportista tiene una AI de 38.1 mL/m<sup>2</sup>, consistente con dilatación de AI.

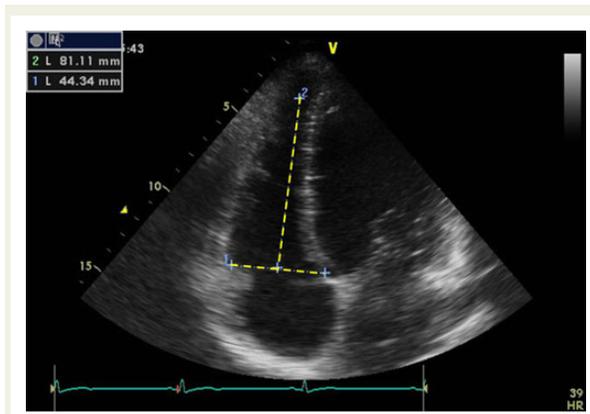


Ilustración 3. Ventrículo derecho de deportista de resistencia. El diámetro basal es de 44 mm y el límite superior del mismo establecido por las Guías de la ASE 2015 es de 41 mm. El diámetro longitudinal sí se encuentra dentro de los límites de la normalidad.

Además de la cardiomegalía global existe una función diastólica supranormal, o aumentada en los deportistas(3), esto quiere decir que la capacidad de relajación de ambos ventrículos es normal o inclusive es mejor si la comparamos con la de las personas sanas de esa misma edad que no practican deporte. El aumento de volumen de las cavidades debe siempre acompañarse de esta mejoría en la función diastólica para clasificarlo como corazón de atleta y este criterio es uno de los más útiles y más importantes que se utiliza para diferenciar entre adaptación fisiológica al ejercicio o corazón de deportista y patología cardíaca(4).

Estos hallazgos que previamente mencionamos, en condiciones fisiológicas, esto es, en ausencia de patología estructural, a su vez deben acompañarse de una excelente capacidad funcional(5), de lo contrario debe buscarse y descartarse enfermedad cardíaca.

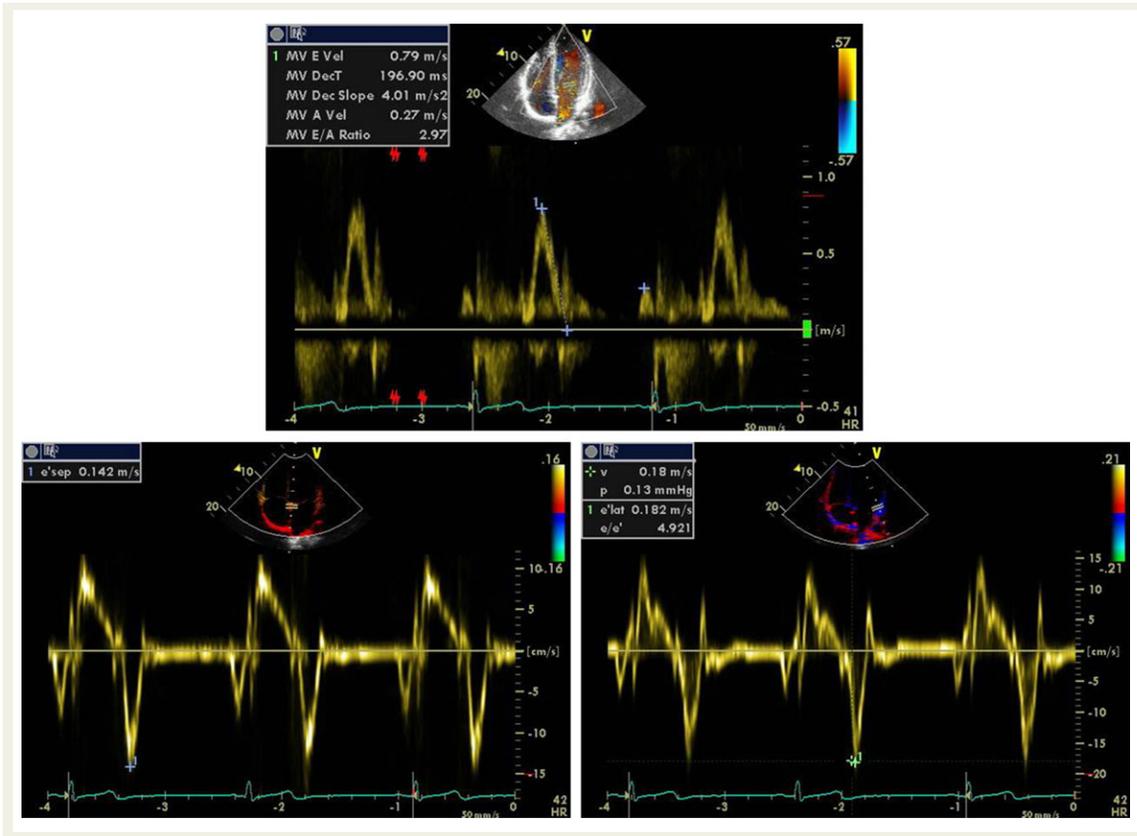


Ilustración 4. Función diastólica supranormal en corredor competitivo. El llenado mitral muestra una relación E/A: 2.97. El doppler tisular (TDI) del septo interventricular (SIV) y de la pared lateral muestran velocidades altas así como relación E/E' en 4.9 lo que muestra función diastólica normal.

La mayoría de los estudios realizados en deportistas comparan atletas de élite contra controles sedentarios o individuos con un nivel de actividad física bajo. Son pocos estudios los que tienen un diseño prospectivo donde se comparan los mismos deportistas antes y después de un período de entrenamiento determinado. Zilinski *et al.*(6), en el 2015, estudió la diferencia en las dimensiones cardíacas en 45 corredores hombres después de un programa de entrenamiento de 18 semanas y encontró crecimiento en las 4 cavidades del corazón que se acompañó de mejoría en la capacidad funcional o consumo máximo de  $O_2$  ( $VO_2$  máx), el cual se obtuvo mediante ergoespirometría. Por otro lado,

D'Ascenzi *et al.*(7) en el 2014, documentó crecimiento biauricular con presiones de llenado del VI normales en 24 mujeres jugadores de voleibol en categoría élite después de 16 semanas de entrenamiento. Estos trabajos demuestran la existencia de crecimiento cardíaco global acompañado de mejoría en la capacidad funcional de los deportistas.

Este trabajo estudiará los fenómenos previamente descritos en triatletas que son los deportistas que combinan 3 disciplinas que son nadar, andar en bicicleta y correr y las realizan sin interrupción, en el mismo día.

Con respecto al evento deportivo para el cual se van a preparar los participantes, es conocido mundialmente como Ironman y es un triatlón de larga distancia. El medio Ironman es la mitad de las distancias en cada disciplina con respecto al Ironman completo. Los triatletas entrenarán fuertemente durante 5 meses para nadar 1.9 km en mar abierto, andar en bicicleta de 90 km y por último correr 21,1 km.



Ilustración 5. John Collins y su esposa Judy Collins fueron los que establecieron las distancias Ironman que son 3.8 km de natación, 180 km en bicicleta y 42 km de carrera.

Varios trabajos han analizado los efectos cardiacos en triatletas posterior a un Ironman, pero ningún estudio ha comparado los efectos del entrenamiento específico para medio Ironman.

Aparte de los cambios estructurales cardíacos que ya mencionamos, la efectividad de la utilización energética también cambia con el entrenamiento, y se determina principalmente mediante 3 mediciones ergoespirométricas que son:  $VO_2$  máx, medido en mL/kg/min, determinación del umbral aeróbico o  $VT_1$  (conocido también como primer umbral ventilatorio) y determinación del umbral anaeróbico o  $VT_2$  (conocido también como segundo umbral ventilatorio). El  $VT_1$  traduce el momento en el cual comienza a aumentar el ácido láctico sanguíneo por encima de los niveles basales, y el  $VT_2$  muestra el momento en el que se ha alcanzado un balance entre la producción y aclaramiento del lactato sanguíneo(8). El entrenamiento mejora la respuesta metabólica al ejercicio desplazando los umbrales hacia la derecha y aumentando el  $VO_2$  máx.

Un estudio realizado por Nakahara y cols.(9) en 2014 señaló los efectos del entrenamiento de alta intensidad en intervalos realizado una vez por semana sobre la capacidad funcional y el grosor de la pared posterior del VI (PPVI). Ellos encontraron que en un período de 3 meses, los sujetos aumentaron su  $VO_2$  máx, hubo desplazamiento hacia la derecha con significancia estadística en el  $VT_1$  y aumento del grosor de la PPVI, comparado contra el grupo control. Esta investigación incluyó 7 sujetos en el grupo que se sometió al entrenamiento y 7 sujetos en el grupo control. Este es el único estudio que ha analizado la relación entre el grosor de las paredes del VI con el desplazamiento de uno de los umbrales ventilatorios en deportistas, ya que la mayoría de los estudios correlacionan la modificación en las cámaras cardiacas únicamente con la capacidad funcional encontrando que a mayor dilatación del VI, mayor

VO<sub>2</sub> máx(5). Además de este, existen otros trabajos los cuales buscaban encontrar una relación entre estas dos variables, sin embargo lo hacen en el contexto de pacientes portadores de alguna patología y no de deportistas.

Con respecto al estudio específico de triatletas y sus modificaciones cardíacas es todavía menos la evidencia existente y los estudios principalmente han utilizado resonancia magnética cardíaca (CardioRMN) y no ecocardiografía. En un estudio de CardioRMN realizado en el 2010 se encontró que 25 de 26 triatletas tenían volumen y masa ventricular izquierda por encima de los límites aceptados como normales para la población general. Además de esto, los 26 triatletas que se incluyeron en el estudio presentaron aumento en los índices de volumen y masa de aurículas y presentaron los diámetros del VI significativamente mayores que los controles (n=27)(10). Otra investigación realizada por Franzen y colaboradores(11) en 2012 compararon, utilizando también CardioRMN, las dimensiones de las cavidades cardíacas entre 20 hombres triatletas y 20 hombres maratonistas y no se encontró diferencia significativa entre el diámetro diastólico ventricular izquierdo (DDVI), diámetro sistólico ventricular izquierdo, masa VI (DSVI), fracción de eyección (FE), ni masa del VI entre ambos grupos. A pesar de esto sí se logró correlacionar las horas de entrenamiento con el crecimiento de las dimensiones previamente mencionadas. Ellos determinaron que cuanto mayor era el número de horas de entrenamiento por semana, mayor crecimiento cardíaco se observaba.

Nunca se ha realizado un estudio de los cambios cardíacos producidos por el entrenamiento en deportistas costarricenses en ninguna disciplina. Este será el primer trabajo que busque una relación entre la carga de entrenamiento, los años de entrenamiento, las dimensiones

cardíacas,  $\dot{V}O_2$  y los umbrales ventilatorios en deportistas que participarán en medio Ironman cinco meses antes y justo previo a la competencia. Cabe mencionar que incluiremos deportistas mujeres las cuales han sido excluidas de los estudios de dimensiones cardíacas en triatletas.

Este trabajo se diferencia de los estudios ya realizados en atletas en que no somete a los deportistas a un período de desentrenamiento, sino que tomará las medidas basales con la condición física de ese momento de cada deportista y el entrenamiento al que el individuo esté acostumbrado. Además la información más robusta de los cambios producidos por el ejercicio extenuante a nivel cardíaco ha sido recopilada de estudios con deportistas élite; en este trabajo reclutaremos deportistas amateur, que son la gran mayoría en nuestro país y en el resto del mundo. Por ser esta población no despreciable en número, y que ha ido creciendo con los años, es de suma importancia obtener la información que pretendemos encontrar con este trabajo.

Estas características del estudio que acabamos de mencionar son una fortaleza, ya que veremos los fenómenos cardíacos por el entrenamiento de una manera más apegada a la realidad de estos sujetos. Esta metodología nos permitirá determinar si es esperable que cambien las mediciones cardíacas de triatletas no élite dependiendo de la temporada en la que se haga la valoración cardiológica, o si por el contrario, estos cambios deben hacernos sospechar patología.

## DESARROLLO-PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En esta sección del trabajo se explicará en qué consiste la investigación que se propone y el formato de la misma. El diseño de la investigación es un estudio observacional prospectivo.

La pregunta que se intentará responder al final de este trabajo es : ¿Se generará un aumento del volumen de las cámaras cardíacas así como una mejoría de la capacidad funcional en triatletas después del entrenamiento para un triatlón de larga distancia tipo medio Ironman?

### **A. Criterios de inclusión y exclusión:**

Los participantes de este estudio deben ser triatletas costarricenses sanos que participarán del triatlón de larga distancia medio Ironman en Costa Rica que se seleccione en el momento de la aprobación de estudio por el CEC. Los criterios de inclusión son: ser mayores de 18 años, no ser hipertensos, no ser diabéticos, no ser portadores de valvulopatías, no ser tabaquistas, ni consumidores de drogas. Se excluirán las personas menores de 18 años, hipertensos, diabéticos, fumadores, deportistas que utilicen o hayan utilizado drogas anabólicas u otro tipo de drogas ilícitas y portadores de valvulopatías. No se incluirán poblaciones vulnerables o clases especiales. La selección del evento y las fechas de las valoraciones, así como el reclutamiento de los deportistas se determinará una vez aprobado el estudio por el Comité Ético Científico (CEC) correspondiente.

## B. Objetivo de estudio:

Valorar los cambios funcionales y morfológicos a nivel cardiaco así como los metabólicos posterior al entrenamiento para el medio Ironman.

## C. Comparaciones:

Se comparará la misma población de triatletas antes y después de un período de entrenamiento para dicha prueba. Se les realizará un a entrevista corta (Cuadro 1), un electrocardiograma, un ecocardiograma y una prueba de esfuerzo con VO<sub>2</sub> máx (ergoespirometría) 5 meses antes del evento y justo antes del mismo.

**Entrevista corta: Se anotan las preguntas a realizar de manera directa a los participantes:**

1. ¿Es portador@ de alguna enfermedad? Tratamiento que toma?
2. ¿En su familia alguien ha fallecido de Muerte súbita?
3. ¿Enfermedades del corazón en la familia? A qué edad? Otras enfermedades en la familia.
4. ¿Ha sentido dolor en el pecho, palpitaciones, falta de aire al entrenar?
5. ¿Se ha desmayado alguna vez? ¿En qué contexto fue?
6. ¿Años de entrenamiento de triatlón?
7. ¿Cuántas horas a la semana entrena cardio? (Promedio de últimos 3 meses)
8. ¿Cuántas horas a la semana hace pesas? (Promedio de últimos 3 meses)
9. ¿Cuántos km por semana corre? (Promedio de últimos 3 meses)
10. ¿Cuántos km por semana nada? (Promedio de últimos 3 meses)
11. ¿Cuántos km por semana anda en bici? (Promedio de últimos 3 meses)
12. ¿Ha hecho alguna competencia más demandante un medio Ironman? ¿Cuándo fue?

Cuadro 1. Entrevista corta que se realizará al triatleta previo a cada valoración.

#### **D. Resultados esperables:**

Se espera que haya un aumento del grosor de las paredes del VI acompañado de crecimiento de las 4 cámaras cardíacas. A nivel metabólico se espera un aumento del  $VO_2$  máx y desplazamiento hacia la derecha del  $VT_1$  y  $VT_2$  posterior al período de entrenamiento.

#### **E. Objetivo general :**

Comparar las dimensiones cardíacas y la capacidad funcional en triatletas costarricenses que participarán en medio Ironman en Costa Rica cinco meses antes de la prueba y justo previo a la misma.

#### **F. Objetivos específicos:**

1. Cuantificar la función diastólica y sistólica de ambos ventrículos.
2. Identificar mediante los estudios la presencia de patología cardíaca en los sujetos investigación y derivarlos a su centro de atención según los lineamientos institucionales.
3. Cuantificar el consumo de oxígeno máximo y el umbral aeróbico y anaeróbico de los sujetos investigación.
4. Determinar si hay relación entre la carga de entrenamiento, el cambio en el tamaño de las cámaras cardíacas, la función diastólica biventricular, la capacidad funcional de los deportistas y su metabolismo energético.
5. Definir si existe relación entre los años entrenamiento, el cambio en el tamaño de las cámaras cardíacas, la función diastólica biventricular, la capacidad funcional de los deportistas y su metabolismo energético.
6. Establecer una relación entre la función diastólica y las dimensiones cardíacas en los deportistas.

## **G. Almacenaje de Datos y Confidencialidad:**

Los datos serán almacenados de manera digital en la computadora personal de la investigadora principal, de manera de que no habrá riesgo de extracción de datos por terceros, ya que incluso está protegida con contraseña que sólo ella conoce y permanecerá mientras no se encuentre en uso en sitio bajo llave. Si se utilizaran hojas para anotar datos serán todas almacenadas por la investigadora principal y estarán a la disposición de los fiscales del estudio cuando ellos las soliciten. Los datos de las pruebas de esfuerzo y ecocardiograma serán almacenados en los equipos correspondientes, así como se hace con el resto de los pacientes en los que se realizan estas pruebas, sin embargo por ser sujetos de investigación se hará de manera encriptada. Se colocará las iniciales de los participantes y un número de serie para que únicamente el investigador pueda acceder a ellos inclusive dentro de los equipos del Servicio de Cardiología correspondiente.

## H. Tabla de operacionalización de Variables

Variable	Tipo de variable	Medio para determinar la variable	Definición operacional	Categoría
Edad	Cuantitativa discreta	Entrevista	Edad en años al diagnóstico, calculada a partir de la fecha de nacimiento disponible en el expediente médico.	Años
Sexo	Categórica	Entrevista	Femenino o masculino dicho por el participante.	Femenino o masculino
Horas de entrenamiento aeróbico/ semana*	Cuantitativa discreta	Entrevista	Horas de entrenamiento aeróbico (correr más bicicleta más nadar)semanal estimado por el deportista en los últimos 4 meses.	Horas
Horas de entrenamiento anaeróbico/ semana*	Cuantitativa discreta	Entrevista	Horas de entrenamiento anaeróbico (pesas) semanal estimado por el deportista en los últimos 4 meses.	Horas
Años de entrenamiento de triatlón	Cuantitativa discreta	Entrevista	Años de entrenamiento para competencias tipo triatlón estimado por el deportista.	Años
Talla*	Cuantitativa Continua	Romana	Medida de altura del deportista.	Centímetros
Peso*	Cuantitativa Continua	Romana	Medida de peso .	kilogramos
ASC*	Cuantitativa Continua	Estimación matemática a partir de peso y talla. Calculadora	$\sqrt{(\text{peso} \times \text{talla})/3600}$ (Fórmula de Dubois).	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Km nadados/ semana*	Cuantitativa discreta	Entrevista	Promedio de km nadados por semana en las últimas 4 semanas estimado por el deportista.	Kilómetros
Km en bicicleta/semana*	Cuantitativa discreta	Entrevista	Promedio de km recorridos en bicicleta por semana en las últimas 4 semanas estimado por el deportista.	Kilómetros
Km carrera/semana*	Cuantitativa discreta	Entrevista	Promedio de km corridos por semana en las últimas 4 semanas estimado por el deportista.	Kilómetros
Diámetro diastólico Ventrículo izquierdo(DDVI) *	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Diámetro del VI medido por ecocardiografía 2D en el eje paraesternal largo al final de la diástole ventricular.	Milímetros

Grosor diámetro diastólico del septo interventricular (DdSIV)*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Grosor del septo interventricular medido por ecocardiografía 2D en el eje paraesternal largo al final de la diástole ventricular.	Milímetros
Grosor diámetro diastólico de la pared posterior del VI (DdPP)*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Grosor de la pared posterior del VI medida por ecocardiografía 2D en el eje paraesternal largo al final de la diástole ventricular.	Milímetros
Grosor diámetro sistólico del septo interventricular (DsSIV)*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Grosor del septo interventricular medido por ecocardiografía 2D en el eje paraesternal largo durante la sístole ventricular.	Milímetros
Grosor diámetro sistólico de la pared posterior del VI (DsPP)*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Grosor de la pared posterior del VI medida por ecocardiografía 2D en el eje paraesternal largo durante la sístole ventricular.	Milímetros
Diámetro sistólico Ventrículo izquierdo (DsVI)*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Diámetro del VI medido por ecocardiografía 2D en el eje paraesternal largo durante la sístole ventricular.	Milímetros
Volumen Aurícula izquierda (AI) indexado/ ASC*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Estimación del Volumen por medio del trazo de las áreas de la aurícula izquierda al final de la sístole ventricular en 2 y 4 cámaras indexado por área de superficie corporal.	Centímetros cúbicos/ metro cuadrado (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Área Aurícula derecha (AD)/ASC*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Área de la aurícula derecha trazada en 4 cámaras al final de la sístole ventricular indexada por área de superficie corporal.	Centímetros cuadrados por metro cuadrado (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
Fracción eyección*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Fracción de Eyección del ventrículo izquierdo estimada por Método Tecol.	Porcentaje
Onda E mitral*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda E de llenado mitral mediante el doppler pulsado a nivel de las puntas de la válvula mitral.	Velocidad. Centímetros/segundo

Onda A mitral*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda A de llenado mitral mediante el doppler pulsado a nivel de las puntas de la válvula mitral.	Velocidad. Centímetros/segundo
E/A mitral*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Relación entre E/A mitral.	Relación. Número Sin unidad
Onda E' tisular septal*	Continua	Ecocardiograma	Onda E' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en el septo interventricular.	Velocidad. Centímetros/segundo
Onda S' tisular septal*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda S' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en el septo interventricular.	Velocidad. Centímetros/segundo
Onda A' tisular septal*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda A' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en el septo interventricular.	Velocidad. Centímetros/segundo
E/E' mitral*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Relación entre E/E' mitral.	Relación. Número Sin unidad
Onda A' tisular lateral*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda A' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en la pared lateral del VI.	Velocidad. Centímetros/segundo
Onda E' tisular lateral*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda E' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en la pared lateral del VI.	Velocidad. Centímetros/segundo
Onda S' tisular lateral*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda S' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en la pared lateral del VI.	Velocidad. Centímetros/segundo
Onda E tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda E de llenado tricuspídeo mediante el doppler pulsado a nivel de las puntas de la válvula tricúspide.	Velocidad. Centímetros/segundo
Onda A tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda A de llenado tricuspídeo mediante el doppler pulsado a nivel de las puntas de la válvula tricúspide.	Velocidad. Centímetros/segundo
E/A tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Relación entre E/A tricuspídea.	Relación. Número Sin unidad
Onda E' tisular tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda E' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en la pared libre del VD.	Velocidad. Centímetros/segundo
Onda A' tisular tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda A' medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en la pared libre del VD.	Velocidad. Centímetros/segundo

Onda S´ tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Onda S´ medida mediante doppler tisular y el cursor colocado en la pared libre del VD.	Velocidad. Centímetros/segundo
E/A tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Relación entre E/A tricuspídea.	Relación. Número Sin unidad
E/E´ tricuspídea*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Relación entre E/E´ tricuspídea.	Relación. Número Sin unidad
TAPSE*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Excursión sistólica del plano anular tricuspídeo medido en segmento basal del ventrículo derecho en pared lateral en ventana 4 cámaras con Modo M.	Milímetros
Strain longitudinal Ventrículo izquierdo*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Medida de deformación en ecocardiograma 2D del VI.	Porcentaje
Strain longitudinal Ventrículo derecho*	Cuantitativa Continua	Ecocardiograma	Medida de deformación en ecocardiograma 2D del VD.	Porcentaje
Tiempo de duración de prueba de esfuerzo*	Cuantitativa Continua	Ergoespirómetro	Tiempo según el equipo que tuvo la duración la prueba. Se obtiene de los datos automáticos emitidos por el sistema.	Minutos y segundos.
Consumo máximo de O <sub>2</sub> *	Cuantitativa Continua	Ergoespirómetro	Consumo máximo de O <sub>2</sub> medido mediante ergoespiometría.	mL O <sub>2</sub> /kg/min
Umbral aeróbico*	Cuantitativa Continua	Ergoespirómetro	Primer umbral (aeróbico) determinado mediante ergoespiometría.	mL O <sub>2</sub> /kg/min
Umbral anaeróbico*	Cuantitativa Continua	Ergoespirómetro	Segundo umbral (anaeróbico) determinado mediante ergoespiometría.	mL O <sub>2</sub> /kg/min
Frecuencia cardíaca en el primer umbral (aeróbico)*	Cuantitativa Continua	Ergoespirómetro	Frecuencia cardíaca que corresponda al punto del umbral aeróbico.	Latidos/minuto
Frecuencia cardíaca en el segundo umbral (anaeróbico)*	Cuantitativa Continua	Ergoespirómetro	Frecuencia cardíaca que corresponda al punto del umbral anaeróbico.	Latidos/minuto

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables

## I. Posibles Riesgos de los participantes:

Uno de los riesgos es una potencial caída en la ergoespirometría, mientras el deportista se encuentra corriendo en la banda sin fin. El Electrocardiograma, el ecocardiograma, y la realización del cuestionario no representan riesgo para los participantes. Existe riesgo de que se detecte alguna patología cardíaca en cuyo caso se darán las recomendaciones médicas en cuanto a realización o no del medio Ironman, así como recomendaciones generales en caso de que lo amerite. Se referirá al deportista a su centro de salud para el seguimiento de la patología encontrada según los lineamientos de la CCSS. Existe como en toda prueba, riesgo de arritmias inducidas por el ejercicio, infarto de miocardio, e inclusive se ha descrito la muerte. Estos riesgos son muy bajos, más aún en esta población que es conocida sana. El riesgo de caída se disminuirá por medio de la clara explicación de la señal que deben hacer los participantes cuando ya no pueden correr más y desean que se detenga la banda. También se les detallará cómo es que deben salirse de la banda sin fin mientras esta se detiene sujetándose de las barandas y haciendo un pequeño brinco para sacar los pies de la misma. El riesgo de arritmias es bajo, si existiera patología electrofisiológica de base que aumente el riesgo y que no sea detectable en el ecocardiograma y en el electrocardiograma (en otras palabras que se descubra en el momento de la prueba), las únicas medidas que se pueden y se tomarán es tener el carro de paro con todas las drogas necesarias e instrumentos para atender una emergencia. Este carro de paro se ubica al lado de la banda, así que no se retrasaría el tiempo de acción en caso de que ocurriera una eventualidad de esas. Sabemos que los deportistas no están exentos de estos eventos pero su riesgo está muy por debajo del riesgo que tiene la población general de que ocurran estos eventos adversos. La incidencia de arritmia mortal de una persona sana y deportista como en este caso se encuentra en menos de 1:100 000 personas por año, a diferencia de la incidencia de muerte súbita en la población general que es de 1:1000 personas por año y principalmente por causa isquémica. La población de este estudio no tiene los principales riesgos para enfermedad arterial coronaria como hipertensión, diabetes mellitus, tabaquismo activo, ya que

estos son criterios de exclusión. Lejos de ver la detección de una enfermedad que era previamente desconocida como un riesgo, debe verse como una ventaja. Es de gran beneficio para el deportista saber si es portador de una enfermedad cardíaca ya que con las medidas adecuadas y tratamiento si lo ameritara se le podría inclusive estar evitando la muerte. Si el deportista fuera portador de una arritmia cardíaca que se manifieste con el ejercicio, es mucho más seguro que presente la arritmia en el ambiente hospitalario donde se le abordaría de manera inmediata con personal totalmente calificado y la probabilidades de muerte son ínfimas. La probabilidad de sobrevivir de una muerte súbita tiene una relación directa con qué tan pronto se inicien maniobras y se desfibrile al paciente en caso de ameritarlo. El personal encargado de la prueba y la investigadora que realiza el estudio tiene la capacidad y el conocimiento para iniciar la reanimación y desfibrilar de manera inmediata. El desfibrilador es parte del carro de paro, que como se anotó previamente se encontrará al lado de la banda sin fin, y por ende, al lado del paciente. Si esa misma arritmia por desconocer el participante que la tiene, le diera durante el entrenamiento o en una competencia, las probabilidades de sobrevivir y de un manejo adecuado son inferiores que en el laboratorio de pruebas de esfuerzo donde se cuenta con equipo desfibrilador y todas las drogas en caso de que suceda una emergencia en este caso.

La clasificación del riesgo en general es bajo. En la prueba de esfuerzo se describe riesgo de arritmias, de infarto, de muerte por estas 2 situaciones, y riesgo de caída. El riesgo de arritmias en gente joven es variable y depende de la patología que lo provoque, sin embargo es un porcentaje muy bajo. El riesgo de infarto en gente que no padece ninguna enfermedad (enfermedad conocida al menos) que no fuma, y que no consumen drogas y que practican deporte de manera regular, como es el caso de todos nuestros participantes es extremadamente bajo. Si nuestra población fumara, fuera hipertensa o diabética, el riesgo sí sería moderado, y aún así en esos casos, muchos de esos pacientes tendrían pruebas de esfuerzo sin hallazgo alguno. El riesgo de caída en gente joven, hábil, deportista, es prácticamente nulo. Con respecto al riesgo de muerte por arritmia o infarto, si ya de por sí el riesgo en la

población de estudio es despreciable, menos de 0.01%, el ambiente hospitalario es el mejor escenario para tener este tipo de eventos porque aumenta la probabilidad de sobrevivir de manera exponencial. De presentarse alguna de estas complicaciones se podrá de manera inmediata trasladar al deportista a unidades de cuidado crítico donde se cuenta con el personal humano y equipo para manejar estas situaciones. Existe riesgo de que se detecte una patología que aunque no ponga en peligro la vida del deportista en ese momento amerite dejar la competición y/o modificar su estilo de vida. Como se dijo anteriormente se referirá al centro de salud que corresponda según área de atracción y respetando listas de espera.

#### **J. Potenciales beneficios potenciales al participante y para la sociedad:**

Los deportistas se beneficiarán de una valoración médica cardiológica completa. Sabemos que los deportistas, aunque se piensa que son personas sanas porque hacen deporte, no siempre lo son, y es sabido que es una población que por someterse a alta demanda cardiovascular, tiene mayor riesgo de sufrir una muerte súbita si padecieran alguna patología que aún no ha sido descubierta y que se manifiesta principalmente con el ejercicio como la miocardiopatía hipertrófica, la cardiomiopatía arritmogénica, entre otras. La batería de estudios que se les realizará tiene la capacidad de detectar la gran mayoría de enfermedades que son causa de muerte súbita en jóvenes y más aún en jóvenes deportistas. A nivel social es de gran beneficio porque introduce el concepto de tamizaje de enfermedades en personas que realizan deporte. En otros países del mundo, como Italia, y España, el tamizaje a deportistas olímpicos es obligatorio. Es una necesidad comenzar un proceso de cambio en la medicina costarricense con respecto al deporte, e introducir sistemas de tamizaje para los deportistas. Este trabajo acoge una pequeña muestra de deportistas, pero es un comienzo. Sembraremos la inquietud de la importancia de los estudios cardiovasculares en deportistas jóvenes y conocidos sanos para en el futuro implementar a nivel nacional un programa de tamizaje de atletas. No es reiterativo mencionar que de detectarse alguna enfermedad potencialmente mortal podríamos

estarle salvando la vida al triatleta. Si le ocurriera una complicación de la posible enfermedad en una competencia hay factores que desfavorecen al participante. Por ejemplo, se sabe que la adrenalina de las competencias hace que los participantes obedezcan menos las señales de alarma como dolor en el pecho, palpitaciones muy rápidas y mareos. Su empeño en terminar la carrera suele ganarle al sentido común de detenerse, por eso es tan importante que los deportistas se hagan exámenes para descartar enfermedades que aunque son poco frecuentes, son potencialmente mortales. Por medio de la realización de los exámenes incluidos en este estudio podremos descartar la mayoría de estas enfermedades, con lo cual el deportista y su entrenador están más tranquilos con respecto a la salud del participante.

A nivel social y específicamente en el área de cardiología, todos nos beneficiamos. El conocimiento de la transformación cardiovascular en los triatletas va a permitir que los cardiólogos de Costa Rica se familiaricen con los hallazgos encontrados en ellos. Por ejemplo, cuando consulte una persona triatleta a un cardiólogo por un dolor tipo punzante en el pecho, o simplemente porque desea hacerse un control cardiológico, el cardiólogo ya sabrá de antemano que si esta persona está sometida a una alta carga de entrenamiento puede tener un corazón totalmente distinto al de una persona sedentaria, no sólo va a saber que es distinto sino que conocerá cuáles hallazgos son normales y cuáles no. Él inclusive tendrá propiedad para preguntar cuántas horas y qué tipo de ejercicio realiza para correlacionarlo con los resultados de los estudios. Por el contrario, si llega un individuo sedentario con un corazón dilatado, que se parezca al de un deportista, pero a la hora de interrogarlo por actividad física se encuentre con que es una persona sedentaria, sabrá que hay que buscar una etiología distinta a esa dilatación ya que no lo explica el ejercicio. Cuando se publique la información arrojada por este estudio, el conocimiento que del mismo se obtenga estará a disposición de todos los cardiólogos y por ende nos beneficiaremos todos los costarricenses.

No sobra mencionar que parte de la misión de la CCSS como lo establece el sétimo punto es promover la investigación y el desarrollo de la ciencias.

#### **K. Balance Riesgo/Beneficio:**

El beneficio sobrepasa con creces el riesgo, ya que no habrá intervención alguna y el riesgo por realizarse los exámenes del estudio es ínfimo. Los deportistas seguirán con su plan de entrenamiento de manera habitual y les haremos pruebas donde el riesgo de eventos adversos es extremadamente bajo. El posible riesgo que existe de caída en la banda sin fin es muy bajo y aún menor es el riesgo de arritmias e infarto de miocardio como ya se explicó detalladamente en los puntos previos de este apartado de Riesgo/Beneficio. Un aspecto importante a mencionar es que se hará primero el ecocardiograma y de detectarse alguna patología se tomarán las previsiones del caso. Esto quiere decir que si la patología contraindica prueba de esfuerzo no se hará. De detectarse enfermedad cardíaca se referirá a su centro de salud según los lineamientos de la CCSS. Específicamente en la ergoespirometría, si el deportista tuviera una patología que lo haga propenso a arritmia mortal (desconocida aún), la va a hacer durante el esfuerzo, en la ergoespirometría, entrenando o compitiendo. Bajo esta premisa, es mejor que la haga en el ambiente controlado en el que se realizará la prueba y no durante el entrenamiento, o durante la competencia, donde la probabilidad de desenlace fatal es mucho mayor que a nivel hospitalario donde se cuenta con el personal y el equipo necesario para manejar este tipo de complicaciones. La balanza se inclina de manera contundente hacia el beneficio en este estudio. De detectarse alguna patología, lejos de estar haciendo un daño al diagnosticarla, podríamos estar salvando una vida.

#### **L. Método para el análisis de datos:**

Modelo de regresión lineal simple (análisis de covarianza) para estimar si la dimensión de las estructuras cardíacas se relaciona con edad, con los años de entrenamiento y con las horas de entrenamiento por semana. Distribución muestral para diferencia de 2 medias (T de student), los resultados del ecocardiograma y la ergoespirometría 3 meses antes y 1 mes después de la prueba.

#### **M. Cálculo de tamaño muestral:**

El cálculo de la muestra se hizo con base en un error alfa de 0.05 y un error beta de 0.2. Con base en el diámetro del VI en triatletas en estudios previos y con cambio esperable de 5 mm y capacidad para detectar el 80% de ese cambio. La muestra según estos cálculos debe superar los 17 participantes. Este cálculo se hace con base en la tabla que se utiliza en estadística la cual está diseñada para determinar el tamaño de la muestra. Esta herramienta le permite a uno seleccionar qué nivel de error desea tener en su estudio y qué porcentaje de cambio desea ver de la variable a estudiar con base en los antecedentes de publicaciones al respecto. En este estudio se seleccionó el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo como variable principal y el cambio esperable es de 5 mm. En otras palabras, deseamos alcanzar a detectar el 80% del aumento del diámetro diastólico en el Ventrículo Izquierdo (que es de 5 mm), y con base en esto se selecciona la N que la tabla indica.

#### **N. Poder estadístico:**

Se tomó como error beta 0.2 esto es igual a:  $1 - \beta = 80\%$  de potencia de la prueba.

#### **O. Método de Identificación y Reclutamiento:**

A través de la Federación Costarricense de Triatlón, se contactará a los entrenadores de todos los grupos de entrenamiento de triatlón en Costa Rica (que estén adscritos a la Federación oficial) y se les ofrecerá la oportunidad de participar en el estudio siempre y cuando los triatletas cumplan con los criterios de inclusión previamente mencionados. Se le solicitará a cada entrenador (que haya aceptado que sus deportistas participen en el estudio) una lista con los números de teléfono de cada uno de ellos y se contactarán de manera individual. Esto con el fin de que no haya una selección arbitraria por parte de los entrenadores y nos refieran sólo a los deportistas que ellos consideren. Posiblemente no estarán interesados todos los

triatletas ni todos los entrenadores con los que nos comuniquemos, sin embargo trataremos de reclutar la mayor cantidad de deportistas posibles que esté en nuestra capacidad de incluir en el estudio (sin que esto afecte a los pacientes citados en las fechas de los estudios en el Servicio de Cardiología correspondiente de la CCSS) con el fin de aumentar el poder estadístico del mismo. Es imprescindible que los participantes estén asegurados por la CCSS y esto tampoco se cumpliría en el caso de hacer una selección más al azar. Se les explicará inicialmente vía telefónica de qué trata el estudio y se abordará el tema de criterios de exclusión e inclusión. Si estuvieran de acuerdo y cumplieran con los requisitos solicitados, se le dará al deportista una cita para que acuda a los exámenes. El día de la cita nuevamente se explicará de forma personal en qué consiste el estudio y si están de acuerdo se le ofrecerá la oportunidad de participar. Si el individuo aceptara, se procederá a cederle un espacio para que lea detenidamente el consentimiento informado y si estuviera de acuerdo que lo firme y luego se realizarán las pruebas.

**P. Proceso para obtener el consentimiento informado:**

Se entregará el consentimiento informado el día de la cita previo a la realización de la entrevista (cuestionario), se responderán las preguntas que surjan de la lectura de dicho documento y se procederá con los estudios en los deportistas que estén de acuerdo con las estipulaciones y hayan firmado el consentimiento informado. La responsable de obtener el consentimiento informado es la investigadora principal (Dra. Pamela Chaves Rodríguez). No existirán excepciones, todos los participantes deben firmar el consentimiento informado previo al comienzo de las pruebas.

**Q. Mecanismos para garantizar la integridad y veracidad de los datos:**

Todos los exámenes serán realizados y analizados por la encargada del estudio Pamela Chaves de acuerdo con las guías internacionales vigentes al día de las pruebas de ecocardiografía y de ergoespirometría. De esta manera eliminaremos el

error interobservador. El protocolo de ecocardiografía y de ergoespirometría será estándar para todos los deportistas. La toma de imágenes se hará igual en todos los participantes con el fin de que los datos sean lo más comparables posible. El Dr. Daniel Quesada hará revisión de los datos al azar con las imágenes y los videos obtenidos por la Dra. Pamela Chaves, de al menos el 30% de los datos.

**R. Protección de la Identidad y la confidencialidad de los participantes:**

Todos los exámenes serán realizados y analizados por la encargada del estudio Pamela Chaves de acuerdo con las guías internacionales vigentes al día de las pruebas de ecocardiografía y de ergoespirometría. De esta manera eliminaremos el error interobservador. El protocolo de ecocardiografía y de ergoespirometría será estándar para todos los deportistas. La toma de imágenes se hará igual en todos los participantes con el fin de que los datos sean lo más comparables posible.

**S. Consideraciones bioéticas:**

- I. Principio de Autonomía: El principio de autonomía será respetado en todo momento durante el estudio. Los participantes primero que todo serán informados acerca de qué trata el estudio, si no estuvieran dispuestos a participar, o simplemente no está dentro de sus intereses participar, no se les intentara convencer de lo contrario, no habrá de ninguna manera coacción de parte de la investigadora. Si el deportista estuviera interesado en participar en el estudio, se citará para la realización de las pruebas. Este es el primer nivel donde se respeta la autonomía. El segundo momento donde se ejerce la autonomía es cuando en el centro hospitalario, el día de la cita asignada previamente, se entrega el consentimiento informado para que sea leído con calma. No existirá persuasión por parte de los realizadores del estudio en ningún momento para que el participante que se haya arrepentido de participar firme el consentimiento. Si se citara a algún participante y este se ausentara a la cita, se contactará de manera telefónica y si este afirmara que ya no desea participar, se

respetará totalmente su posición y se borrará inmediatamente su nombre y datos de la lista de participantes. Si el deportista no se presentó por una causa ajena a su control pero continúa con deseos de participar, se coordinará una nueva cita. A los triatletas que se presenten a la cita se les facilitará el consentimiento informado para que lo lean tranquilamente y tendrán la opción de firmar, dejando en papel su consentimiento, o pueden decidir no firmar y no participar en el estudio. En cualquier momento en que los participantes decidan retirarse del estudio, tienen poder para hacerlo y se les dejará muy claro que esa opción siempre existe y que no están obligados a continuar con el estudio ni a realizarse la segunda batería de exámenes antes si no lo desean.

- II. Principio de Justicia: La población de este estudio es una población conocida sana, física y mentalmente. Los participantes no se encuentran dentro de ninguna minoría como los privados de libertad, las personas portadoras de discapacidad o con enfermedades graves. Todos los participantes serán tratados en igualdad de condiciones, respetando las citas y horarios establecidos, a todos se les responderán las preguntas y se les explicará en qué consisten los estudios por igual. No se discriminará por edad, ni sexo, ni situación económica, ni profesión. Todos los participantes recibirán el mismo trato, sin importar si están dentro de la élite del deporte costarricense, o si fueran a participar en el primer triatlón de larga distancia de su vida. A cada uno de ellos se les informará si se encontró algún hallazgo patológico o si el estudio estuvo normal. El principio de Justicia abarca desde que se cita a los participantes, que ninguno tenga privilegio sobre otro, hasta cómo se abordarán posibles situaciones a lo largo del estudio. Por ejemplo, si se detectara una enfermedad, no se le ofrecerá a uno un medicamento mejor que al otro, ni se le pondrán citas más seguidas a uno por sobre el otro, como se manejarán a nivel institucional se ofrecerá siempre lo mejor que tiene nuestra seguridad social. Otro ejemplo sería que no se le ofrecerá a uno atención en un centro más moderno que a otro. De encontrarse alguna patología se les ofrecerá el mejor manejo a todos en el hospital de la seguridad social que corresponda. La libertad de la investigadora a continuar con

los estudios se limitará hasta donde el participante lo desee, en todos los participantes por igual y este principio se respetará a lo largo de todo el estudio.

III. Principio de Beneficencia: El bien del participante prevalece en este trabajo. Con la realización de la batería de exámenes ya mencionada descartaremos la gran mayoría de enfermedades causantes de muerte súbita. El participante se beneficia porque se estudiará la estructura y función de su corazón, tanto en reposo, como en ejercicio, esto le dará mucha tranquilidad y un visto bueno desde el punto de vista médico-cardiológico para participar en la competencia Ironman 70.3 y de continuar realizando ejercicio siempre con las recomendaciones generales para las personas sanas que realizan deporte. Es un estudio cardiovascular completo que debería realizarse a todos los deportistas que participan en este tipo de eventos, pero por desgracia no se hace de manera rutinaria. Si estuviera en muestras manos estudiaríamos a todos los participantes del evento, lamentablemente, no está dentro de nuestras posibilidades en este momento. Si se detectara alguna patología se le informará inmediatamente al atleta y se darán las recomendaciones pertinentes además de que se pondrá en control médico. Esto podría inclusive salvarle la vida en caso de que su patología tenga riesgo de muerte y se acaten las recomendaciones brindadas.

Parte de garantizar la beneficencia de los participantes está en que el personal que realizará el estudio, personal médico, técnicos de electrocardiografía y personal de enfermería, está en total capacidad y tienen el entrenamiento para asistir en los estudios y manejar las complicaciones, aunque muy infrecuentes, que se pudieran presentar.

El bien inmediato recae sobre cada sujeto a quién se le estudiará su corazón de manera no invasiva, esto quiere decir sin punzadas, sin medicamentos, sin implantación de dispositivos experimentales y no experimentales que pongan en riesgo su salud. Existe beneficio a largo plazo también sobre cada individuo porque se crea responsabilidad sobre la condición de salud de cada persona y el individuo comprenderá con mayor cabalidad la importancia de los chequeos médicos regulares.

Podemos afirmar también que este estudio tiene capacidad de provocar bien a nivel social, ya que si lográramos aportar un grano de arena a crear una consciencia social sobre la importancia de las valoraciones médicas en los deportistas, tendríamos personas realizando deporte con un mucho mayor perfil de seguridad que con el que contamos en estos momentos. Por ejemplo se evitarían algunas de las muertes súbitas de personas mientras hacen deporte, esas que escuchamos de vez en cuando pero que cada cierto tiempo no faltan. Otro aspecto de beneficio para el deportista, y esto, aunque no tiene una repercusión directa sobre la vida, es muy importante para todos los practicantes de deporte a nivel competitivo. Este beneficio es el que cada uno obtendrá de manera personal porque aportaremos al entrenador datos de la condición del momento del deportista. El entrenador que tenga los conocimientos necesarios de fisiología y deporte podrá aplicar esta información que obtendremos a través de los estudios a realizar y podrá modificar el plan de entrenamiento del deportista, para así llevar a cada individuo a la mejor condición física que su genética le permita. Esto quiere decir que con la aplicación de esta información los triatletas podrían mejorar su tiempo de competencia y ubicarse en puestos más altos que si no se hubiera contado nunca con esos datos. Esto no debe verse como una intervención *per se*, sino como un beneficio. No se verá como una intervención porque de igual manera cada triatleta está sometido a un programa de entrenamiento de alta exigencia, debe verse más bien como eso, un beneficio agregado a la participación del estudio.

- IV. Principio de No maleficencia: Se ejecutará el principio de no maleficencia de distintas maneras en este estudio. Primero que todo, y como ya lo hemos mencionado previamente las personas involucradas en la realización de la ergoespirometría, el ecocardiograma y el electrocardiograma están totalmente capacitadas para llevarlos a cabo de la mejor manera, disminuyendo la probabilidad de errores técnicos y riesgos. Además, el personal está en total capacidad de manejar las posibles complicaciones (que son muy infrecuentes) como arritmias e infarto, así como caídas, en la ergoespirometría que es el

estudio donde podría eventualmente haberlas. El electrocardiograma y el ecocardiograma no confieren un riesgo para el paciente ya que son estudios en reposo donde no se irradia a la persona, no se le administra ningún medicamento, no se invade, no se le colocan vías endovenosas, ni se le somete a ninguna situación de riesgo. Ninguna de las pruebas involucran medicamentos, dispositivos, ni ninguna intervención que ponga en riesgo la condición del paciente. Con respecto a la idea de que el hacerle un diagnóstico de una enfermedad, a un deportista que tiene una competencia muy importante cerca, pudiera tratarse de un mal, no lo vemos así. Por el contrario, la vida del paciente, deportista, o participante, como queramos verlo, prevalece por sobre una competencia deportiva y la salud y el bienestar del individuo también prevalecen sobre el evento deportivo. En el caso de que se encuentre una enfermedad, se llevará al participante aparte, donde su privacidad y confidencialidad sean totalmente respetadas. Se le explicará su condición de manera calmada, en palabras claras, sin utilizar jerga médica y como es nuestro deber de médicos, se le plantearán los riesgos y posibles caminos a escoger, siempre respetando el principio de autonomía. Se evitará a toda costa dar noticias de manera insensible y que repercuta sobre la salud mental y equilibrio emocional de cada persona. Es muy probable, por la población que participará en el estudio y la incidencia de patologías en ellos, que no nos encontremos con ningún caso de enfermedad. Es nuestro deseo que así sea, sin embargo, de ocurrir lo contrario, velaremos por el total bienestar de nuestro o nuestros participantes y nos haremos responsables de que el deportista comience control médico lo antes posible y de que se le ofrezca lo mejor para su salud.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo de investigación las obtendremos una vez que tengamos la aprobación del CEC correspondiente y podamos llevar a cabo el estudio.

Se espera que el entrenamiento para el medio Ironman produzca cambios leves pero estadísticamente significativos en la estructura y función cardíaca de esta población, así como en los parámetros metabólicos que serán medidos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Galderisi M, Cardim N, D'Andrea A, Bruder O, Cosyns B, Davin L, et al. The multi-modality cardiac imaging approach to the Athlete's heart: an expert consensus of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Hear J Cardiovasc Imaging* [Internet]. 2015;16(4):353. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25681828>
2. Utomi V, Oxborough D, Whyte GP, Somauroo J, Sharma S, Shave R, et al. Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart. *Heart* [Internet]. 2013;99(23):1727–33. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23474689>
3. Baggish AL, Wang F, Weiner RB, Elinoff JM, Tournoux F, Boland A, et al. Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. *J Appl Physiol* [Internet]. 2008;104(4):1121–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18096751>
4. Richand V, Lafitte S, Reant P, Serri K, Lafitte M, Brette S, et al. An ultrasound speckle tracking (two-dimensional strain) analysis of myocardial deformation in professional soccer players compared with healthy subjects and hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* [Internet]. 2007;100(1):128–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17599454>
5. Hedman K, Tamas E, Henriksson J, Bjarnegard N, Brudin L, Nylander E. Female athlete's heart: Systolic and diastolic function related to circulatory dimensions. *Scand J Med Sci Sport* [Internet]. 2015;25(3):372–81. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24840312>
6. Zilinski JL, Contursi ME, Isaacs SK, Deluca JR, Lewis GD, Weiner RB, et al. Task Force 3: valvular heart disease. *Circulation* [Internet]. 1991/01/31. 2015;8(1): 128–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10956604>
7. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Natali BM, Zaca V, Cameli M, Alvino F, et al. Morphological and functional adaptation of left and right atria induced by training in highly trained female athletes. *Circ Cardiovasc Imaging* [Internet]. 2014;7(2):222–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24470314>
8. Gutiérrez F. Análisis, valoración y monitorización del entrenamiento de alto rendimiento deportivo. Consejo Superior de Deportes, Servicio de Documentación y Publicaciones; 2010.

9. Nakahara H, Ueda S-Y, Miyamoto T. Low-frequency severe-intensity interval training improves cardiorespiratory functions. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(4): 789–98.
10. Scharf M, Brem MH, Wilhelm M, Schoepf UJ, Uder M, Lell MM. Atrial and ventricular functional and structural adaptations of the heart in elite triathletes assessed with cardiac MR imaging. *Radiology* [Internet]. 2010;257(1):71–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20807850>
11. Franzen E, Mangold S, Erz G, Claussen CD, Niess AM, Kramer U, et al. Comparison of morphological and functional adaptations of the heart in highly trained triathletes and long-distance runners using cardiac magnetic resonance imaging. *Heart Vessel* [Internet]. 2013;28(5):626–31. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22983606>