

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

“Caracterización epidemiológica de las personas con prueba de esfuerzo con ejercicio positiva por isquemia miocárdica realizadas en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia entre el año 2018 y 2019”

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado de Cardiología para optar al grado y título de Especialista en Cardiología

SUSTENTANTE

CARLOS EDUARDO MONGE CARVAJAL

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2020

Dedicatoria

A Andrea, quien ha caminado a mi lado paso a paso. Mis éxitos son tuyos; has sido mi apoyo y mi fuerza para alcanzar esta meta.

A mis padres, Lorena y Joaquín. Su apoyo ha sido fundamental en este proceso.

A mis abuelos, quienes siempre creyeron en mí y nunca han dejado de ser aliento e inspiración.

Agradecimientos

A DIOS, QUE ME HA PERMITIDO ALCANZAR CADA META.

A MI FAMILIA, QUIENES HAN ESTADO AHÍ EN MOMENTOS DE DIFICULTAD.

AL POSGRADO DE CARDIOLOGÍA, EN ESPECIAL AL DR. ANDRÉS BENAVIDES QUIEN HA SIDO MÁS QUE UN PROFESOR, UN MAESTRO DE LA CARDIOLOGÍA Y LA MEDICINA. AL DR. ANDRÉS ULATE Y AL DR. ERIC BOGANTES, QUIENES SE HAN BRINDADO DE MANERA ÍNTEGRA A NUESTRA FORMACIÓN. AL DR. RICARDO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ QUIEN HA SIDO UN EJEMPLO Y UN MODELO A SEGUIR.

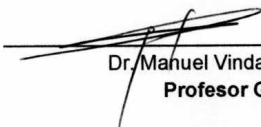
AL SERVICIO DE CARDIOLOGÍA DEL HOSPITAL CALDERÓN GUARDIA, QUIENES A TRAVÉS DEL TIEMPO ME HICIERON SENTIR EN FAMILIA.

A CADA JEFE DE SERVICIO, CARDIÓLOGOS Y CARDIÓLOGAS DE CADA HOSPITAL. POR DAR TODO SU ESFUERZO POR UNA EDUCACIÓN DE CALIDAD.

AL DR. MANUEL VINDAS, CUYA COLABORACIÓN PARA ESTE TRABAJO ES FUNDAMENTAL.

A MIS COMPAÑEROS RESIDENTES QUIENES HAN SIDO MIS HERMANOS EN ESTE CAMINO.

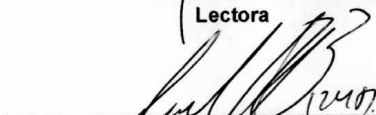
"Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Cardiología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialidad en Cardiología"



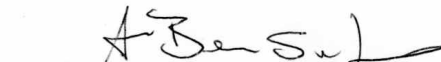
Dr. Manuel Vindas Villareal
Profesor Guía



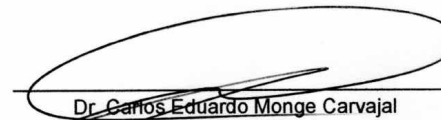
Dra. Natalia Ugalde Gallegos
Lectora



Dr. Carlos Rodríguez Bolaños
Lector



Dr. Andrés Benavides Santos
Director del Posgrado de Cardiología
Programa de Posgrado en Especialidades Médicas



Dr. Carlos Eduardo Monge Carvajal
Sustentante

Tabla de contenidos

Portada	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Tabla de contenidos	v
Resumen	vii
Lista de Tablas	viii
Lista de Gráficos.....	xi
Lista de Ilustraciones	xv
Abreviaturas.....	xvi
Aprobación de Digitalización y Divulgación	xviii
Introducción.....	xix
OBJETIVOS	xx
OBJETIVO GENERAL:	xx
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	xx
MARCO TEÓRICO	1
EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PRUEBA DE ESFUERZO.....	1
RESPUESTA FISIOLÓGICA AL EJERCICIO.....	3
Respuesta Cardiovascular al Ejercicio	4
Gasto Cardíaco:.....	4
Flujo Sanguíneo:.....	6
Presión Sanguínea:.....	6
Circulación Coronaria y demanda de Oxígeno.....	7
ENFERMEDAD ATEROSCLERÓTICA CORONARIA.....	8
Disfunción Endotelial.....	10
Inflamación:	10
Estrés Oxidativo:.....	11
Proliferación de Músculo Liso	11
Factores Genéticos	12
COMORBILIDADES ASOCIADAS A LA CARDIOPATÍA ISQUÉMICA	12
Hipertensión Arterial.....	13
Diabetes Mellitus	15

Consumo de Tabaco.....	17
CARDIOPATÍA ISQUÉMICA EN COSTA RICA	19
LA PRUEBA DE ESFUERZO CON EJERCICIO EN EL DIAGNÓSTICO DE CARDIOPATÍA ISQUÉMICA ..	20
Metodología de la Investigación.....	23
DISEÑO.....	23
POBLACIÓN:	24
VARIABLES:.....	24
VARIABLE INDEPENDIENTE: PRUEBA DE ESFUERZO CON EJERCICIO POSITIVA POR INDUCCIÓN DE ISQUEMIA MIOCÁRDICA.	24
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25
RESULTADOS	26
PRUEBA DE ESFUERZO	26
PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA LOS VALORES DE LA PRUEBA DE ESFUERZO EN PORCENTAJE .	27
SEXO.....	30
EDAD.....	31
COMORBILIDADES	34
CATETERISMO	34
CATETERISMO PREVIO.....	36
RELACIÓN ENTRE EL CATETERISMO VS EL CATETERISMO PREVIO	37
MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE	38
PRUEBAS DIAGNÓSTICAS	41
Definiciones.....	41
Método de análisis	43
CATETERISMO, PRUEBA DE ESFUERZO POR SEXO.....	43
CATETERISMO, PRUEBA DE ESFUERZO POR FUMADO	49
CATETERISMO, PRUEBA DE ESFUERZO POR DM	53
Discusión	57
Conclusiones.....	62
Anexos	72

Resumen

Introducción: La cardiopatía isquémica es la principal causa de mortalidad a nivel mundial. Para realizar una detección adecuada de esta patología existen múltiples estudios diagnósticos. Uno de ellos es la Prueba de Esfuerzo con Ejercicio, la cual es una prueba no invasiva, que a nivel mundial tiene una sensibilidad del 66% y especificidad del 57%. Con el advenimiento de nuevas técnicas de imágenes cardiacas no invasivas, es necesario evaluar la vigencia de la prueba de esfuerzo en los servicios de cardiología de los hospitales nacionales.

Materiales y Métodos: Los datos fueron adquiridos de la base de datos de pruebas de esfuerzo del servicio de cardiología del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia. De ella se extraen los datos de 136 pacientes los cuales fueron reportados como “prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia”, esto en el periodo comprendido entre el 01 de enero del 2018 y el 31 de diciembre de 2019. Se analizaron los datos a través de tablas de asociación o contingencia, así como por medio de estadística de tendencia central y asimetrías. Posteriormente se aplicaron modelos de regresión univariable y multivariable para establecer relaciones.

Resultados y Conclusiones: Para el periodo de tiempo elegido, se obtuvo una sensibilidad de 68% y una especificidad del 55% para el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria con la prueba de esfuerzo con ejercicio. Con los datos obtenidos en la base de datos, no es posible establecer un perfil de mayor certeza diagnóstica en quien la prueba sea reportada como positiva por inducción de isquemia; ya que no se observó diferencia estadísticamente significativa por sexo, edad, y la presencia de comorbilidades como hipertensión arterial, diabetes mellitus, tabaquismo o la presencia de enfermedad arterial coronaria conocida de previo.

Lista de Tablas

TABLA 1: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS VALORES PORCENTUALES DE LA PRUEBA DE ESFUERZO POR MEDIO DE LA PRUEBA SHAPIRO-FRANCIA.	28
TABLA 2: COSTA RICA. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA PRUEBA DE ESFUERZO (%) POSITIVA POR SEXO. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	29
TABLA 3: COSTA RICA. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA EDAD (AÑOS) DE LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA POR SEXO. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES).....	33
TABLA 4. COSTA RICA. RELACIÓN ENTRE EL CATETERISMO Y EL CATETERISMO PREVIO EN LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES).....	37
TABLA 5. COSTA RICA. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES A UTILIZAR EN EL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE.	38
TABLA 6. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES SOBRE LA VARIABLE PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	39
TABLA 7. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE POR MEDIO DE LA PRUEBA SHAPIRO-FRANCIA.	40

TABLA 8. COSTA RICA. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LAS PACIENTES MUJERES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 44 PACIENTES).....	44
TABLA 9. COSTA RICA. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES HOMBRES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 92 PACIENTES).....	47
TABLA 10. COSTA RICA. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES NO FUMADORES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 97 PACIENTES)	49
TABLA 11. COSTA RICA. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES FUMADORES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 39 PACIENTES).....	51
TABLA 12. COSTA RICA. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES SIN DM. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 64 PACIENTES)	53
TABLA 13. COSTA RICA. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES CON DM. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO	

FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE
DICIEMBRE 2019. (N = 39 PACIENTES)..... 55

Lista de Gráficos

GRÁFICO 1: COSTA RICA. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LA PRUEBA DE ESFUERZO (%) POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES).....	27
GRÁFICO 2: COSTA RICA. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA PRUEBA DE ESFUERZO (%) POSITIVA POR SEXO. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES).....	29
GRÁFICO 3: COSTA RICA. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE LOS VALORES DE LA PRUEBA DE ESFUERZO (%) POSITIVA EN RELACIÓN DE LA EDAD DE LOS PACIENTES EN ESTUDIO. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	30
GRÁFICO 4. COSTA RICA. DISTRIBUCIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DEL SEXO DE LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA EN EL PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	31
GRÁFICO 5. COSTA RICA. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LA EDAD DE LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA EN EL PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES).....	31
GRÁFICO 6. COSTA RICA. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA EDAD (AÑOS) DE LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA POR SEXO. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	33
GRÁFICO 7. COSTA RICA: DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS COMORBILIDADES PREEXISTENTES EN LOS PACIENTES EN QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA EN EL PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	34

GRÁFICO 8. COSTA RICA. DISTRIBUCIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DE LA PRESENCIA DEL CATETERISMO EN LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA EN EL PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	35
GRÁFICO 9. COSTA RICA. DISTRIBUCIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DE LESIONES POST CATETERISMO EN LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA EN EL PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 91 PACIENTES)	35
GRÁFICO 10. COSTA RICA. DISTRIBUCIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DEL RESULTADO DEL CATETERISMO EN LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA EN EL PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	36
GRÁFICO 11. COSTA RICA. DISTRIBUCIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DE LESIONES POST CATETERISMO EN LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA EN EL PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 57 PACIENTES)	37
GRÁFICO 12. COSTA RICA. RELACIÓN ENTRE EL CATETERISMO Y EL CATETERISMO PREVIO EN LOS PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 136 PACIENTES)	38
GRÁFICO 13. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LOS CUANTILES POR LA DISTRIBUCIÓN NORMAL	40
GRÁFICO 14. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LAS PACIENTES MUJERES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO	

POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 44 PACIENTES).....	45
GRÁFICO 15. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LAS PACIENTES MUJERES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 44 PACIENTES).....	46
GRÁFICO 16. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES HOMBRES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 92 PACIENTES).....	48
GRÁFICO 17. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES HOMBRES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 92 PACIENTES).....	48
GRÁFICO 18. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES NO FUMADORES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 97 PACIENTES).....	50
GRÁFICO 19. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES NO FUMADORES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 97 PACIENTES).....	50
GRÁFICO 20. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES FUMADORES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO	

POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 39 PACIENTES).....	52
GRÁFICO 21. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES FUMADORES. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 39 PACIENTES).....	52
GRÁFICO 22. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES SIN DM. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 64 PACIENTES).....	54
GRÁFICO 23. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES SIN DM. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 64 PACIENTES).....	54
GRÁFICO 24. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES CON DM. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 72 PACIENTES).....	56
GRÁFICO 25. COSTA RICA. CURVA ROC PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS PACIENTES CON DM. PACIENTES EN LOS QUE LA PRUEBA DE ESFUERZO FUE REPORTADA COMO POSITIVA. PERIODO DEL 01 ENERO 2018 AL 31 DE DICIEMBRE 2019. (N = 72 PACIENTES).....	56

Lista de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. PRUEBA DE LOS DOS PASOS. TOMADO DE MASTERS ET AL. "THE ELECTROCARDIOGRAM AFTER STANDAR EXERCISE AS A FUNCTIONAL TEST OF THE HEART". 1942.....	2
--	---

Abreviaturas

DM: Diabetes Mellitus

EAC: Enfermedad Arterial Coronaria

EKG: Electrocardiograma

GC: Gasto Cardíaco

HTA: Hipertensión Arterial

Kg: Kilogramo

LDL: Lipoproteínas de Baja Densidad

MET: Equivalente Metabólico

MLV: Músculo Liso Vascular

mmHg: Milímetros de Mercurio

NO: Óxido Nítrico

O₂: Contenido arterial de Oxígeno

PAM: Presión Arterial Media

PAS: Presión Arterial Sistólica

PEE: Prueba de esfuerzo con Ejercicio

Q: Gasto Cardíaco

ROS: Especies Reactivas de Oxígeno

VI: Ventrículo Izquierdo

VO₂: Consumo de Oxígeno



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Carlos Jorge Carijón, con cédula de identidad 113700532, en mi condición de autor del TFG titulado Caracterización epidemiológica de las personas con Prueba de Esfuerzo en ejercicio positivo por infección micobacteriana respiratoria en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia entre el Año 2018 y 2019.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Carlos Eduardo Jorge Carijón

Número de Carné: A63680 Número de cédula: 113700532

Correo Electrónico: charliemec@hotmail.com

Fecha: 10.01.2021 Número de teléfono: 87019234

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dr. Blanca Lidia Villalobos

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

Introducción

La cardiopatía isquémica es la causa número 1 de mortalidad tanto a nivel mundial como en Costa Rica. Un diagnóstico certero y a tiempo es fundamental en las personas en quien se sospecha enfermedad arterial coronaria crónica.

La prueba de esfuerzo es una de las pruebas más ampliamente utilizadas para realizar el diagnóstico en estas personas. Sin embargo, nos encontramos en una era en la que las imágenes funcionales no invasivas han venido desplazando a las pruebas más antiguas.

Esto plantea la interrogante si la prueba de esfuerzo sigue siendo preponderante para el diagnóstico de la enfermedad arterial coronaria estable.

En el presente trabajo se evaluarán las características epidemiológicas de las personas bajo sospecha de enfermedad arterial coronaria, con prueba de esfuerzo con ejercicio positiva, y su relación con la angiografía coronaria en caso de contar con ella, para determinar las relaciones de variables clínicas como el sexo, edad, hipertensión arterial, diabetes mellitus y fumado; según se extrae de la base de datos del servicio de Cardiología del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia entre el 2018 y 2019; y establecer así la sensibilidad y especificidad de este estudio clínico; así como las posibles asociaciones entre las diferentes características clínicas y el resultado angiográfico final.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Establecer las características epidemiológicas de las personas con prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia realizadas en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia entre el 2018 y 2019.

Objetivos Específicos:

1. Identificar las características epidemiológicas de las personas con prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia realizadas en el hospital Dr. Calderón Guardia entre el año 2018 y el 2019, según se desprende de la base de datos del servicio de Cardiología.
2. Establecer la influencia del sexo en el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria a través de prueba de esfuerzo con ejercicio.
3. Establecer la influencia de la edad en el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria a través de la prueba de esfuerzo con ejercicio.
4. Evaluar si existe influencia de la Hipertensión Arterial en el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria a través de la prueba de esfuerzo con ejercicio.

5. Evaluar la influencia de la Diabetes Mellitus sobre el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria a través de la prueba de esfuerzo con ejercicio.
6. Establecer la influencia del tabaquismo sobre el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria a través de la prueba de esfuerzo con ejercicio.
7. Evaluar si existe influencia de la revascularización previa sobre la capacidad diagnóstica de enfermedad arterial coronaria a través de la prueba de esfuerzo con ejercicio.
8. Establecer la sensibilidad y especificidad de la prueba de esfuerzo con ejercicio para el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria.

MARCO TEÓRICO

Evolución Histórica de la Prueba de Esfuerzo

La Prueba de Esfuerzo con Ejercicio (PEE) es un procedimiento ampliamente utilizado en la detección de cardiopatía isquémica alrededor del mundo ya que es una prueba rápida, barata, de fácil acceso tanto en el contexto de un servicio de emergencias, así como de la consulta del cardiólogo.

Desde hace más de un siglo, en 1908; Einthoven realiza una descripción inicial de los cambios electrocardiográficos inducidos por el ejercicio, siendo los más notables el incremento en la altura de las ondas P y T. En 1942, Master y sus colaboradores en Nueva York publican el primer protocolo estandarizado para la obtención de un electrocardiograma (EKG) con una carga de esfuerzo previamente definida, tomando en cuenta el sexo, edad y peso de la persona quien realizaría la prueba². Ésta, conocida como “La prueba de los dos pasos”, consistía en una pequeña escalera de 2 escalones, cada uno de aproximadamente 22 centímetros de altura (ver figura1); y con una cantidad de repeticiones especificadas según cada persona, con el registro de una sola derivación electrocardiográfica; fue el primer intento por estandarizar el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria en personas con electrocardiograma de reposo normal, e historia de *Angina Pectoris*.

, la depresión del segmento P-R, y la inversión de las ondas T de negativo a positivo en la derivación D III¹.

A partir de este momento y por cerca de medio siglo múltiples autores realizaron publicaciones demostrando que existen cambios electrocardiográficos en personas cuya historia clínica sugiere la presencia de enfermedad arterial coronaria.



Ilustración 1. Prueba de los dos pasos. Tomado de Masters et al. "The electrocardiogram after standar exercise as a functional test of the heart". 1942

Sin embargo, la capacidad de este protocolo para detectar pacientes que en reposo se encontraban asintomáticos, que realmente tuvieran enfermedad arterial coronaria significativa era alrededor del 50%^{3,4}. Es por esto por lo que 1950, Wood, McGregor y Magidson proponen no utilizar una carga de trabajo específica para cada persona, sino llevar a cada sujeto a la máxima capacidad

de ejercicio que este pudiera realizar (lo cual previamente se consideraba inseguro)³, hasta que se viera limitado por el dolor torácico.

Este protocolo modificado, permitió una mejoría de un 33% con respecto al protocolo original de Master (de 50 a 88% de sensibilidad diagnóstica), lo que a su vez llevó a modificar las técnicas hasta ese momento utilizadas⁴.

Esta continua evolución de la prueba de esfuerzo tiene un punto de inflexión en 1963, cuando Bruce y sus colaboradores publican su protocolo de múltiples etapas para la evaluación de pacientes con sospecha de enfermedad cardíaca. En su estudio, corroboran la superioridad del esfuerzo máximo sobre el esfuerzo moderado; a su vez que presenta un solo protocolo aplicable a personas con diferente capacidad de ejercicio y diferentes umbrales en la presentación de síntomas⁵. Este protocolo y sus modificaciones (así como otros protocolos surgidos posteriormente, pero con la misma intención) siguen siendo parte esencial de la práctica en cuanto al diagnóstico de cardiopatía isquémica en nuestros días.

Respuesta Fisiológica al Ejercicio

Cuando es retado por prácticamente cualquier tarea física, el cuerpo humano responde a través de una serie de cambios integrados que involucran a la mayoría de los sistemas fisiológicos⁶.

El fin principal de los cambios adaptativos que presenta el sistema cardiovascular ante el ejercicio es asegurar el suministro adecuado de nutrientes y oxígeno a los músculos de trabajo, así como el desecho de dióxido de carbono^{6,7}. La mayor parte de la energía que se requiere para lograrlo proviene del metabolismo oxidativo destinado a producir Trifosfato de adenosina⁷. Cuando el sistema cardiovascular alcanza su máxima capacidad de trabajo, no será capaz de mantener las demandas metabólicas si el esfuerzo muscular continúa aumentando.

Respuesta Cardiovascular al Ejercicio

El sistema cardiovascular responde de manera predecible al incremento en las demandas metabólicas impuestas por el ejercicio. Con pocas excepciones, el sistema cardiovascular tiene una respuesta proporcional a las demandas de oxígeno por parte de los músculos, y este Consumo de oxígeno (VO_2) incrementa de manera lineal con el aumento del trabajo⁶.

Gasto Cardíaco:

El gasto cardíaco (Q) es el volumen total de sangre expulsada por el ventrículo izquierdo del corazón (VI), por cada minuto. Es el producto de la frecuencia cardíaca, o el número de latidos por minuto; y el volumen sistólico eyectado en cada uno de los latidos⁶⁻⁸. El gasto cardíaco juega un papel fundamental para sostener las demandas para el trabajo. Conforme la tasa de trabajo aumenta, el

gasto cardiaco aumenta de manera lineal para lograr suplir estas demandas de oxígeno; hasta un punto donde se alcanza su punto máximo de capacidad ($Q_{\text{máximo}}$)⁶.

Por su parte la diferencia arterio-venosa es el diferencial que existe entre el contenido de oxígeno presente en torrente sanguíneo posterior a su paso por los pulmones y su proceso de oxigenación, y el contenido de oxígeno en la circulación sanguínea, luego de haber sido utilizado por las células del cuerpo^{6,8}.

Esto hace que sea posible estimar las necesidades de energía tanto en reposo como en esfuerzo. La ecuación de Fick muestra que el consumo de oxígeno es igual al producto del gasto cardiaco por la diferencia arterio-venosa de oxígeno⁷.

Este valor se expresa fácilmente en múltiplos de las necesidades de oxígeno en reposo, y se conocen como los “Equivalentes metabólicos” o MET, de manera que 1 MET es el gasto de energía en reposo y se define como aproximadamente 3.5 ml de O_2 /kg de peso corporal/minuto. Este sistema valora la cantidad de energía utilizada durante cualquier actividad física, en comparación con la consumida en reposo⁷. Así, una actividad que consuma 4 METS, requerirá 4 veces el consumo de oxígeno en comparación con el estado basal.

Flujo Sanguíneo:

El patrón y distribución del flujo sanguíneo se modifica significativamente cuando una persona pasa de su estado en reposo al ejercicio. Mientras una persona se encuentra en reposo la piel y los músculos reciben cerca del 20% del gasto cardiaco. Durante el ejercicio, más sangre es enviada a los músculos para su trabajo, y conforme la temperatura corporal aumenta, más sangre se deriva a la piel para disipar el calor⁶⁻⁸.

Este proceso se alcanza tanto incrementando el gasto cardiaco (GC) como redistribuyendo el flujo sanguíneo desde las zonas de menor demanda (como los órganos esplácnicos) hacia la piel y músculo esquelético. Este proceso permite que aproximadamente el 80% del gasto cardiaco pueda ser redirigido hacia los órganos más activos durante el esfuerzo⁶⁻⁸.

Presión Sanguínea:

En términos generales, la presión arterial media aumenta como respuesta al ejercicio, mayormente debido a que la presión arterial diastólica se mantiene relativamente estable, mientras que la presión arterial sistólica aumenta. Esta última se incrementa de manera lineal junto con el aumento de la carga de trabajo, pudiendo alcanzar cifras entre 200 y 240 milímetros de mercurio en personas normotensas⁶.

Dado que la presión arterial media (PAM) es el producto del gasto cardiaco y las resistencias vasculares periféricas, el aumento de la presión arterial media es el resultado de un mayor aumento del gasto cardiaco en comparación a la disminución de las resistencias vasculares periféricas (la cual se da como se mencionó previamente, para aumentar el flujo sanguíneo hacia músculos y piel)^{6,8}.

Por su parte los pacientes hipertensos alcanzan presiones arteriales sistólicas mucho mayores para una misma tasa de trabajo en comparación a personas, esto debido principalmente a la pérdida en la disminución de las resistencias vasculares periféricas⁶⁻⁸.

Durante 2 o 3 horas después de realizar ejercicio la presión arterial se mantiene por debajo de los niveles previos al ejercicio, en un mecanismo no comprendido hasta el momento. Esta disminución de la presión arterial post ejercicio explica, en parte, los efectos beneficiosos del ejercicio en pacientes hipertensos^{6,9}.

Circulación Coronaria y demanda de Oxígeno

A diferencia de otras microcirculaciones del cuerpo humano, el miocardio tiene un uso de oxígeno relativamente alto en reposo. Aproximadamente del 70 a 80% del oxígeno que llega a los miocardiocitos es extraída por unidad de tiempo, en comparación al 25% de extracción por unidad de tiempo que existe en el músculo esquelético en reposo^{6,7}.

La demanda de oxígeno miocárdico está determinada por la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la contractilidad del ventrículo izquierdo y la tensión parietal del ventrículo izquierdo. Los cambios en cualquiera de estos factores pueden influir en las necesidades de sangre oxigenada en el miocardio. De estos los más fáciles de medir son la presión arterial y la frecuencia cardíaca; y su producto constituye un índice fiable de la demanda de oxígeno miocárdico⁷.

El flujo sanguíneo coronario aumenta durante el ejercicio en respuesta a la estimulación neurohumoral (principalmente la estimulación simpática de receptores β) y como consecuencia de la liberación de sustancias endoteliales, entre ellas el óxido nítrico. En personas sanas durante un ejercicio intenso, las arterias coronarias se dilatan y el flujo sanguíneo coronario se eleva como respuesta al aumento de la demanda⁷.

En personas sanas la interrelación de todos estos sistemas permite tener una respuesta adecuada ante el aumento metabólico que implica el ejercicio; y una adecuada adaptación de la circulación coronaria es crítica para poder mantener esta adaptación al esfuerzo físico.

Enfermedad Aterosclerótica Coronaria

Las enfermedades cardiovasculares son la causa dominante de muerte a nivel mundial, siendo la razón principal de 18 millones de fallecimientos por año^{7,10}. La

enfermedad coronaria aterosclerótica es la principal causa de muerte dentro de las enfermedades cardiovasculares, para un 45% de todos los casos¹⁰.

Cuando el flujo coronario se ve limitado por placa aterosclerótica en la luz de la arteria coronaria, se comprometen los sistemas de respuesta normal ante el ejercicio. La placa puede provocar una mínima estenosis o la obstrucción completa de la arteria. Varios factores influyen en la importancia de una estenosis luminal dada, como lo son el grado de obstrucción de la luz, la longitud de la obstrucción, el número y el tamaño de los vasos colaterales funcionantes, la magnitud de la masa muscular cardíaca irrigada, la forma y las propiedades dinámicas de la estenosis, y la capacidad de autorregulación del lecho vascular⁷. En general, una reducción del 50-70% en el diámetro de la luz del vaso sanguíneo coronario supondrá un perjuicio para la dilatación y aumento del flujo máximo, mientras que una estenosis del 90% o mayor reducirá el flujo coronario en reposo^{7,8}.

Las arterias con aterosclerosis a menudo no pueden dilatarse y, en la práctica, se estrechan con el ejercicio, con lo cual se reduce adicionalmente el riego sanguíneo en el escenario de aumento de la demanda^{7,8}.

Existen diferentes determinantes propias de la circulación coronaria que influye en la generación de placas ateroscleróticas y finalmente enfermedad coronaria. Entre estos se encuentran la disfunción endotelial, inflamación, estrés oxidativo, proliferación de músculo liso vascular y factores genéticos.

Disfunción Endotelial

El endotelio vascular es ampliamente reconocido como un importante centro de control vascular. Este juega un rol muy importante en la regulación de entrega de nutrientes, tono vascular, inflamación, coagulación y trombosis.

La regulación de estos procesos está a cargo de la producción de mediadores como Óxido nítrico (NO), endotelina y angiotensina II^{7,8,11}. Estas sustancias actúan para mantener un balance entre la trombosis, la anticoagulación, vasodilatación, vasoconstricción y modulación de la inflamación¹¹.

El óxido nítrico es el más potente vasodilatador conocido y el descenso de su producción y respuesta; así como el aumento de la producción de sustancias vasoconstrictoras crean un ambiente favorable para la trombosis y aterosclerosis⁷⁻¹¹. Este proceso, si se mantiene en el tiempo fomenta la formación de placa aterosclerótica en los vasos coronarios, lo que finalmente produce limitación del flujo coronario durante el ejercicio.

Inflamación:

La inflamación juega un papel fundamental en la aterosclerosis produciendo la atracción y adhesión de múltiples moléculas vasoactivas, cuya vía final común es la trombosis y crecimiento de la placa aterosclerótica. Marcadores inflamatorios como la proteína C reactiva se encuentran elevados en pacientes tanto con

enfermedad arterial coronaria aguda así como crónica; lo cual es un predictor independiente de eventos subsecuentes^{7,8,11,12}.

Estrés Oxidativo:

El exceso de generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) ha sido ampliamente probado como un proceso fisiopatológico crítico en la generación de lesiones ateroscleróticas. La producción en exceso de ROS provoca la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y esto a su vez provoca el aumento de sustancias que antagonizan al NO y provocan alteraciones en la adhesión vascular; así como la proliferación del músculo liso¹²

Proliferación de Músculo Liso

El músculo liso vascular (MLV) juega un papel crítico en la aterosclerosis. Ante el aumento de las especies reactivas de oxígeno el MLV inician un proceso de proliferación caracterizado por el aumento de la secreción de proteínas y enzimas de crecimiento. Estas proteínas se convierten en el estímulo inicial para la formación de una placa a la cual se le agregarán posteriormente moléculas de LDL y otras sustancias que producirán finalmente la obstrucción del flujo sanguíneo coronario¹².

Factores Genéticos

La predisposición genética es un factor de riesgo muy importante para la formación de lesiones ateroscleróticas. Incluso, en algunos estudios la carga genética representa el 50% del riesgo de presentar enfermedad arterial coronaria^{12,13}.

Comorbilidades Asociadas a la cardiopatía isquémica

Conforme la población envejece, es más probable que se desarrollen condiciones médicas crónicas. Los pacientes con enfermedades cardiovasculares y otras comorbilidades tienen una calidad de vida reportada menor a la de las personas sin enfermedades crónicas^{14,15}. La capacidad funcional, calidad de vida y mortalidad prematura; todas dependen de estas comorbilidades, incluyendo además el costo del tratamiento tanto de la enfermedad arterial coronaria, así como de las enfermedades asociadas¹⁵. La asociación que existe entre la enfermedad arterial coronaria y las comorbilidades influye casi en el mismo nivel sobre la mortalidad como la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo^{7,14}.

Las cifras elevadas de presión arterial y de colesterol siguen siendo las principales causas de cardiopatía isquémica; mientras que el tabaquismo, obesidad e inactividad física también son contribuyentes importantes⁷.

Hipertensión Arterial

La hipertensión arterial (HTA) es la enfermedad cardiovascular más prevalente a nivel mundial y es un indicador de transición epidemiológica, afectando en el año 2015 a 1.13 billones de personas alrededor del mundo^{7,16,20}. Afecta tanto a hombres como mujeres y de todos los estratos socioeconómicos por igual¹⁶, y es el factor responsable de más de 10 millones de muertes al año^{7,20}.

Cuando no se da un tratamiento adecuado, la HTA es la principal causa de evento cerebrovascular, aumenta al doble el riesgo de enfermedad arterial coronaria y eleva el riesgo de presentar falla renal así como otras condiciones^{7,16,17}.

El riesgo de enfermedad arterial coronaria (EAC) se incrementa de manera lineal conforme aumentan las cifras tensionales, y este aumento de riesgo se da desde cifras tensionales tan bajas como 110/70 mmHg¹⁶⁻¹⁸.

Mientras que la situación donde la hipertensión arterial no está acompañada de otras comorbilidades es rara, la combinación de hipertensión con otras patologías como dislipidemia, diabetes y obesidad es frecuente¹⁷.

Existe una fuerte asociación entre la presión arterial y la edad. Hasta aproximadamente los 50 años la presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial aumentan de manera conjunta. Posterior a los 50 años la PAS tiende a seguir aumentando, mientras que la PAD tiende a caer. Así, la hipertensión arterial sistólica es directamente proporcional a la edad de la población¹⁸.

Esto provoca que antes de los 50 años, la hipertensión arterial diastólica sea un predictor mayor de enfermedad arterial coronaria, mientras que después de los 60 años sea la hipertensión arterial sistólica el mayor factor de riesgo^{17,18}.

Este aumento del riesgo cardiovascular se explica por el aumento de las demandas de oxígeno a nivel miocárdico, disminución del flujo sanguíneo coronario, remodelado de las arterias de pequeño y mediano calibre; así como el aumento de la producción de ROS y activación de sistemas cuya intención inicialmente es mantener la homeostasis del sistema cardiovascular, sin embargo a la larga provocan cambios de la estructura y función cardíaca que terminan promoviendo la aterosclerosis y finalmente la enfermedad arterial coronaria.

Diversos estudios clínicos han demostrado que es más importante la disminución de las cifras tensionales que la terapéutica escogida para tal fin; tomando en cuenta que una reducción de 10 mmHg de PAS reduce un 17% el riesgo de EAC¹⁷⁻²⁰.

Además del tratamiento farmacológico, es necesario tomar muy en cuenta los beneficios del tratamiento no farmacológico como lo son: Pérdida de peso, restricción de sodio en la dieta, moderación del consumo de alcohol, cesación del fumado y actividad física; ya que la disminución de la presión arterial a través de estos mecanismos tiene el mismo efecto en la disminución en la mortalidad por causa cardiovascular, que con el tratamiento farmacológico²⁰.

En definitiva, disminuir las cifras tensionales en pacientes diagnosticados con hipertensión arterial; es modificar a largo plazo la evolución natural de la enfermedad cardiovascular y en particular, de la enfermedad arterial coronaria.

Diabetes Mellitus

La diabetes mellitus (DM) y la enfermedad arterial coronaria están fuertemente relacionada. La DM es tanto un factor de riesgo para enfermedad arterial coronaria, pero además es un equivalente para establecer el diagnóstico de EAC; y la cardiopatía isquémica es la principal causa de mortalidad en personas con diagnóstico de diabetes mellitus^{7,21,22}.

La prevalencia de la diabetes mellitus se encuentra en aumento en todas las regiones del mundo, y se estima que alrededor del mundo existen cerca de 350 millones de personas diagnosticadas con DM y para el año 2045 existirán más de 600 millones de personas diabéticas^{7,23}. Los pacientes con diabetes mellitus tiene hasta 4 veces más riesgo de EAC que las personas no diabéticas²².

Los pacientes que padecen DM se encuentran en mayor riesgo de desarrollar aterosclerosis por múltiples razones las cuales incluyen factores metabólicos, resistencia a la insulina, disfunción del músculo liso y disfunción plaquetaria y coagulación anormal²².

La inflamación juega un papel fundamental en la generación de aterosclerosis en los pacientes con DM. La alteración metabólica producida por la hiperglicemia y

la obesidad provoca una secreción aumentada de citoquinas proinflamatorias en el tejido adiposo^{7,8}.

Además, la disfunción endotelial puesta de manifiesto por el aumento en los niveles séricos de Endotelina-1 y los bajos niveles de óxido nítrico provocan un microambiente vascular idóneo para la activación plaquetaria y formación de trombos^{7,8,21-23}.

También diversos estudios han demostrado que los pacientes con diabetes mellitus presentan estrés oxidativo mayor (revelado por la generación de ROS) que las personas que no padecen DM²³.

Existe evidencia sólida que señala que el adecuado control glicémico retrasa la aparición, reduce la progresión y (en algunos casos) puede revertir al menos parcialmente la aparición de complicaciones microvasculares en los pacientes con DM. Así, un control glicémico temprano, efectivo y sostenido debe ser la meta en todo paciente con DM^{7,23}.

Numerosos estudios como el LEADER, SUSTAIN-6, REWIND, PIONEER 6, EMPA-REG, CANVAS, DECLARE TIMI 58 y CREDENCE; muestran que múltiples medicamentos destinados a la disminución de la glucosa sanguínea, también tienen un efecto beneficioso sobre la morbi-mortalidad asociada a la cardiopatía isquémica²³; siendo que un 1% de reducción de la hemoglobina glicosilada reduce la incidencia 16% de insuficiencia cardiaca; así como eventos micro y macrovasculares^{24,25}.

Es necesario recalcar que, al igual que ocurre con la hipertensión arterial, un adecuado control de otras comorbilidades así como mejoras en el estilo de vida, impactarán de manera positiva tanto la presencia como progresión de enfermedad arterial coronaria complicada por diabetes mellitus^{7,23,24}.

Consumo de Tabaco

El consumo de tabaco es probablemente la causa más prevenible de muerte alrededor del mundo. Más de 1.3 billones de personas en el mundo consumen de manera habitual tabaco, para un total de 5.8 billones de cigarrillos fumados en el 2014; causando además, 1.6 millones de muertes anuales siendo la cardiopatía isquémica responsable del 54% de las muertes causadas por el cigarro^{7,25-27}.

El cigarro tiene un mayor impacto sobre eventos cardiovasculares de presentación aguda, más que en los eventos crónicos; con mayor afectación sobre personas jóvenes más que sobre fumadores mayores con un aumento lineal del riesgo cardiovascular según la cantidad de cigarrillos fumados²⁶.

El tabaco interactúa de manera exponencial con otros factores de riesgo para ECV, ya que las personas fumadoras que asocian otra comorbilidad, tienen mayor riesgo cardiovascular que la sola suma de sus componentes^{7,26}.

Las personas fumadoras tienen 3 veces mayor riesgo de presentar un infarto agudo al miocardio que los no fumadores, así como un riesgo incrementado de

que lesiones de las arterias coronarias más severas en comparación con personas no fumadoras; y además tienen 2 veces más riesgo de muerte súbita cardíaca²⁶.

El cigarro contiene más de 4000 sustancias químicas, entre las cuales se encuentran los hidrocarburos aromáticos policíclicos y gases antioxidantes; los cuales son cardiotóxicos conocidos, sin embargo los efectos de muchos de sus compuestos no están completamente dilucidados^{7,26}.

Otro de sus principales compuestos es la nicotina, la cual promueve la liberación de catecolaminas a nivel del sistema nervioso central, así como a nivel periférico. En adición a sus efectos vasculares como elevación de la presión arterial y la frecuencia cardíaca; el consumo de cigarrillos provoca el aumento en circulación sanguínea de ácidos grasos libres a través de la lipólisis; provocando finalmente un aumento en las demandas de oxígeno a nivel miocárdico a través de múltiples mecanismos²⁶.

El monóxido de carbono también es uno de los principales componentes de los cigarrillos. Este se une a la hemoglobina reduciendo no solo la capacidad de transporte de oxígeno sino también la capacidad de entregar el oxígeno transportado a los tejidos. La hipoxia relativa generada lleva a un aumento de la viscosidad sanguínea y finalmente a aterosclerosis^{7,8,26}.

Un problema añadido al consumo de cigarro es el consumo de segunda mano. Las personas que están expuestas al humo de cigarro tienen un 25% de aumento

del riesgo de enfermedad arterial coronaria y sus secuelas versus personas que no están expuestas al humo del cigarro. El fumado de segunda mano contribuye a la generación y progresión de aterosclerosis, y está asociado con infartos de mayor tamaño^{7,26}.

A su vez, el dejar de fumar provoca la reversión casi completa del riesgo cardiovascular asociado al fumado; convirtiendo probablemente a la cesación de fumando en la intervención aislada más efectiva para disminuir el riesgo cardiovascular²⁶.

El cese del fumado es particularmente beneficioso para aquellas personas con enfermedad arterial coronaria establecida; y este beneficio es independiente de la edad, el sexo, periodo de tiempo o región del mundo donde se viva^{27,28}.

Debido a que el riesgo cardiovascular se encuentra aumentado en fumadores jóvenes en comparación con fumadores mayores; el mayor beneficio de la cesación de fumado se da en personas jóvenes; sin embargo, se debe tomar en cuenta que independientemente de la edad y el tiempo de consumo, existe un beneficio cardiovascular demostrado; por lo que se debe recomendar a personas de todas las edades dejar el cigarro^{7,27}.

Cardiopatía Isquémica en Costa Rica

Para el año 2019 la cardiopatía isquémica aguda fue la principal causa de mortalidad en el país (casi 3 veces más que cualquier otra causa); mientras que

en general la cardiopatía isquémica representa casi el 9% de toda la mortalidad reportada a nivel nacional²⁹.

Es por esto que el diagnóstico certero de los pacientes bajo sospecha clínica de enfermedad arterial coronaria se convierte en un asunto relevante de salud pública, tomando en cuenta que casi 1 de cada 10 costarricenses falleció por causa isquémica del corazón, y 1 de cada 4 padecen condiciones asociadas a la enfermedad arterial coronaria.

La Prueba de Esfuerzo con Ejercicio en el diagnóstico de Cardiopatía Isquémica

Las pruebas de estrés con ejercicio ofrecen una forma no invasiva y menos costosa para la estratificación de la enfermedad coronaria en comparación con la angiografía coronaria e incluso, un resultado negativo en la prueba de esfuerzo podría hacer que la angiografía coronaria no sea necesaria⁷.

Como previamente ha sido mencionado, la sensibilidad y especificidad de la prueba de esfuerzo con ejercicio es de 68% y 77% respectivamente⁷. Existen confusores como la depresión del segmento ST, uso de digoxina y la hipertrofia ventricular izquierda que disminuyen la especificidad; mientras que la enfermedad leve de un solo vaso coronario disminuye la sensibilidad. A pesar de todas desventajas, la prueba de esfuerzo con ejercicio sigue siendo considerada una prueba adecuada para diagnosticar enfermedad arterial coronaria^{30,31}.

Por otra parte, diferentes hallazgos en la prueba de esfuerzo han mostrado ser predictores poderosos de mortalidad. Por ejemplo en el estudio de Duke, la máxima desviación del segmento ST fue el predictor más fuerte tanto de mortalidad cardiaca como de infarto fatal y no fatal³⁰.

Además, múltiples estudios han relacionado la capacidad de carga de ejercicio con la presencia y extensión de enfermedad arterial coronaria. Por ejemplo, una capacidad de carga menor a 7 METS predice un aumento del riesgo 18 veces mayor para enfermedad isquémica sustancial (definida como más de 10% de territorio cardiaco en riesgo) comparados con aquellos que logran una carga mayor a 10 METS^{31,32}.

Otros elementos que deben tomarse en cuenta para aumentar la capacidad diagnóstica de la prueba de esfuerzo son: la pronta recuperación de los cambios en el segmento ST posterior al cese del ejercicio, la elevación mayor a 1 mm en la derivación aVR, así como el producto de la presión arterial sistólica por la frecuencia cardiaca (conocido como el doble producto)^{7,31,32}.

Es importante tomar en cuenta ciertas particularidades que ocurren en poblaciones especiales como en las mujeres ya que, si bien es cierto, la prevalencia de enfermedad arterial coronaria es menor que en los hombres, la mortalidad suele llegar a ser mayor. Además, los estudios pivote realizados para el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria con la prueba de esfuerzo con ejercicio fueron realizados en hombres.

En las mujeres la sensibilidad y especificidad de la PEE cae a 61% y 70% respectivamente, y esto se debe parcialmente al efecto metabólico de los estrógenos, voltajes electrocardiográficos menores y mayor incidencia de cambios electrocardiográficos basales³⁰⁻³³.

El valor predictivo positivo de la prueba también es menor en mujeres, siendo de un 47% en comparación con el 77% de valor predictivo positivo que tiene la prueba en hombres³³. Sin embargo y a pesar de estas diferencias entre hombres y mujeres, la prueba de esfuerzo sigue siendo un adecuado método diagnóstico en ambas poblaciones³⁴.

Existe una amplia cantidad de estudios clínicos a nivel mundial que sugieren que la prueba de esfuerzo con ejercicio, a pesar de las múltiples pruebas de imágenes más novedosas; sigue siendo un método diagnóstico adecuado para la enfermedad arterial coronaria. De hecho, existe una creciente cantidad de evidencia que indica la revascularización es solo beneficiosa en personas con evidencia clínica de isquemia, más allá de la presencia de lesiones anatómicamente relevantes³⁵.

Al mismo tiempo, los avances tecnológicos han permitido aumentar el acierto diagnóstico de esta prueba; logrando que a través del tiempo la relación riesgo-beneficio siga proponiendo a la prueba de esfuerzo con ejercicio como una de los métodos diagnósticos iniciales en el algoritmo del paciente bajo sospecha de enfermedad arterial coronaria³⁵.

Metodología de la Investigación

Diseño

En este análisis, extraído de la base de datos de Pruebas de esfuerzo del servicio de Cardiología del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia; se incluyen a todas las personas que tienen una prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia en el periodo comprendido del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2019, realizadas en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

Esta base de datos incluye para cada persona que realizó una prueba de esfuerzo: el resultado principal de la prueba, el sexo, la edad, si la persona ha sido diagnosticada previamente con hipertensión arterial, diabetes mellitus, si la persona ha consumido tabaco; y a su vez, si la persona cuenta con angiografía coronaria previa y si en esta angiografía hubo lesiones coronarias significativas.

Además, se documenta si posterior a presentar la prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia, se ha realizado una angiografía coronaria, y en caso de presentarla, si existen lesiones angiográficamente significativas.

Durante el periodo en estudio se realizaron 2045 pruebas de esfuerzo en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón con diferentes indicaciones, de las cuales 136 pruebas fueron reportadas como positivas por inducción de isquemia miocárdica. Los datos de estas personas fueron tomadas para realizar el análisis del presente documento

Al ser una revisión de base de datos, no se extrajeron datos del expediente clínico de cada persona.

Población:

Se incluyen los datos de las personas con prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia realizadas en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia en el periodo comprendido del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre de 2019.

Este es un estudio que toma como datos de estudio, los recolectados en la base de datos de pruebas de esfuerzo del hospital Dr. Calderón Guardia, de los cuales se seleccionaron específicamente los reportados como positivos por inducción de isquemia.

Variables:

Variable independiente: Prueba de esfuerzo con ejercicio positiva por inducción de isquemia miocárdica.

Variables dependientes:

- Sexo
- Edad
- HTA
- Tabaco

- DM
- Angiografía coronaria previa con lesiones significativas
- Angiografía coronaria posterior al diagnóstico con lesiones angiográficamente significativas

Análisis Estadístico

Los datos de los 136 pacientes con prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia realizados en el HCG entre el 2018 y 2019 fungen como muestra aleatoria.

Las variables cualitativas se analizaron utilizando tablas de frecuencia simple y tablas de asociación o contingencia. Por su parte las variables cuantitativas se analizaron por medio de estadística de tendencia central (mínimo, promedio, máximo, cuantiles) asimetrías, etc., y por medio de estadísticas de variabilidad (rango, desviación estándar, rango intercuartílico, coeficiente de variación, etc.)

A estos datos se aplicaron modelos de regresión univariable y multivariable para establecer las posibles relaciones de la prueba de esfuerzo y las diferentes variables clínicas obtenidas de la base de datos.

RESULTADOS

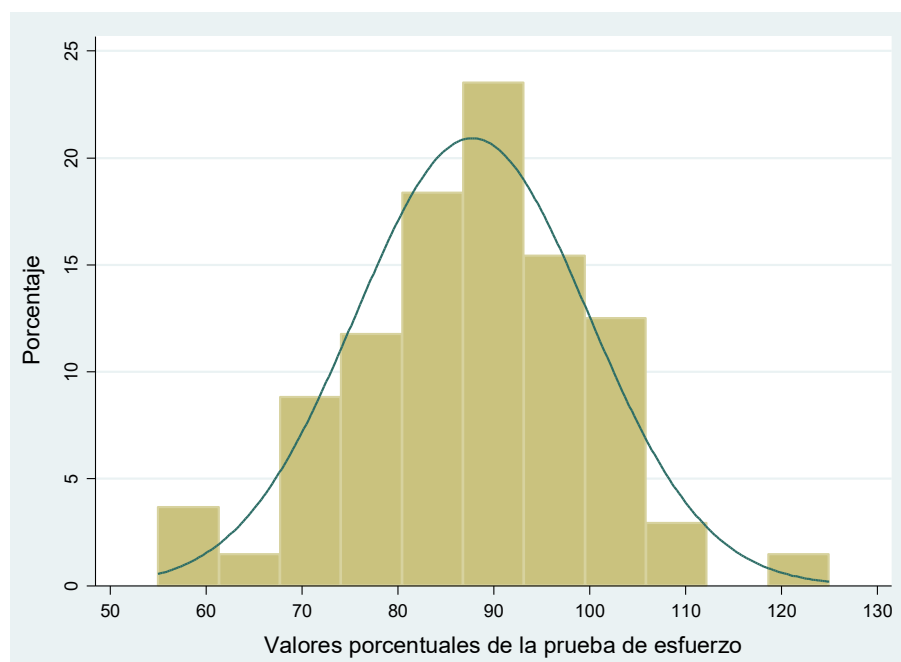
Durante el periodo comprendido entre el 01 de enero de 2018 y el 31 de diciembre del 2019 se realizaron en el hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia un total de 2045 pruebas de esfuerzo.

De estas, un total de 136 pruebas fueron reportadas como positivas por inducción de isquemia, siendo los datos de estas pruebas la base del presente estudio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis.

Prueba de esfuerzo

El 64,7% de los pacientes en estudio presentan valores de positividad en la prueba de esfuerzo entre el 80% y el 100% de la frecuencia cardiaca máxima esperada para edad. Coeficiente de asimetría = $-0,170$, muy cercano a cero, lo que significa que los valores porcentuales de la prueba de esfuerzo son bastante simétricos. (Gráfico 1)

Gráfico 1: Costa Rica. Histograma de frecuencias de la prueba de esfuerzo (%) positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Pruebas de normalidad para los valores de la prueba de esfuerzo en porcentaje

Para comprobar el supuesto de normalidad en los valores de los porcentajes de la prueba de esfuerzo, se utilizó la prueba de Shapiro-Francia, en la que se prueba la siguiente hipótesis, utilizando un nivel de significancia del 5%:

- H_0 : Los datos se distribuyen normalmente
- H_a : Los datos no se distribuyen normalmente

Los valores porcentuales de la prueba de esfuerzo se distribuyen normalmente. (p= 0.1699). (Tabla 1)

Tabla 1: Prueba de normalidad de los valores porcentuales de la prueba de esfuerzo por medio de la prueba Shapiro-Francia.

	Observaciones	W'	V'	Valor z	Valor de p
PE (%)	136	0,98634	1,605	0,954	0,1699

Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

El promedio la prueba de esfuerzo es positiva al $87,8 \pm 12,1\%$ de la frecuencia cardiaca máxima esperada para edad, con un rango de entre 55% y 125%. El 75% de los pacientes presentó valores en la prueba de esfuerzo positiva de 80% o más.

Por su parte, el promedio de la positividad de prueba de esfuerzo en las mujeres es $91 \pm 13,3\%$, con un rango de entre 56% y 125%. El 75% de las pacientes mujeres presentó valores en la prueba de esfuerzo positiva de 83% o más.

El promedio de la prueba de esfuerzo positiva en los hombres es $86 \pm 11,3\%$, con un rango de entre 55% y 109%, mientras que el 75% de los pacientes hombres presentó valores en la prueba de esfuerzo positiva de 79,0% o más. Existen diferencias estadísticamente significativas al 5% entre estos dos promedios; es decir, en promedio, las mujeres con prueba de esfuerzo positiva por inducción de

isquemia lo hacen a mayor carga de trabajo en comparación con los hombres.

($p = 0,0326$). (Gráfico 2) (Tabla 2)

Se cumple el supuesto de igualdad de varianzas (prueba de Levene, $p = 0,2866$).

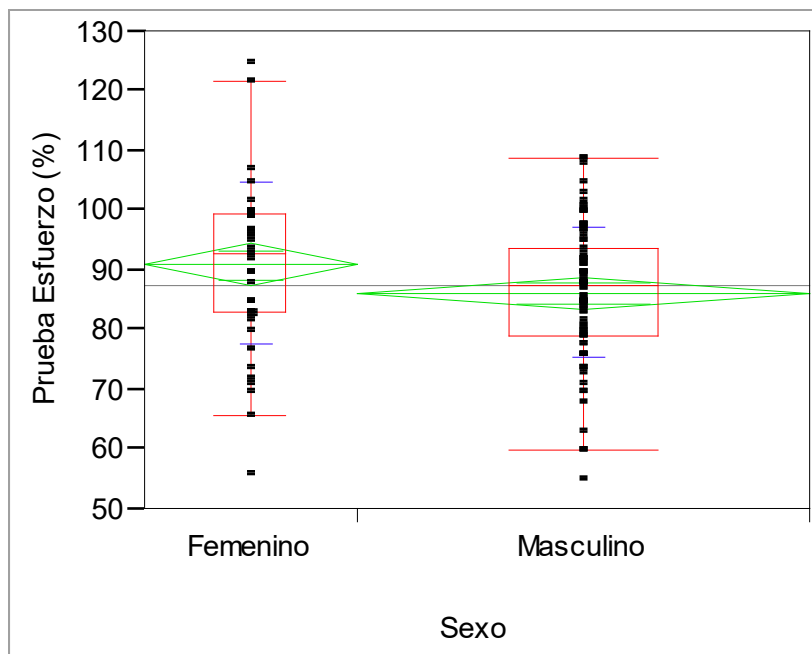
(Tabla 2)

Tabla 2: Costa Rica. Estadísticas descriptivas de la prueba de esfuerzo (%) positiva por sexo. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)

Sexo	Pacientes	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3	I. de C. al 95%		Prueba F	Prueba Levene
									Límite inferior	Límite superior		
Total	136	87,7	12,1	55,0	125,0	80,0	88,0	97,0				
Femenino	44	91,0	13,3	56,0	125,0	83,0	93,0	99,8	87,4	94,5	0,0326	0,2866
Masculino	92	86,2	11,3	55,0	109,0	79,0	87,5	93,8	83,8	88,7		

Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

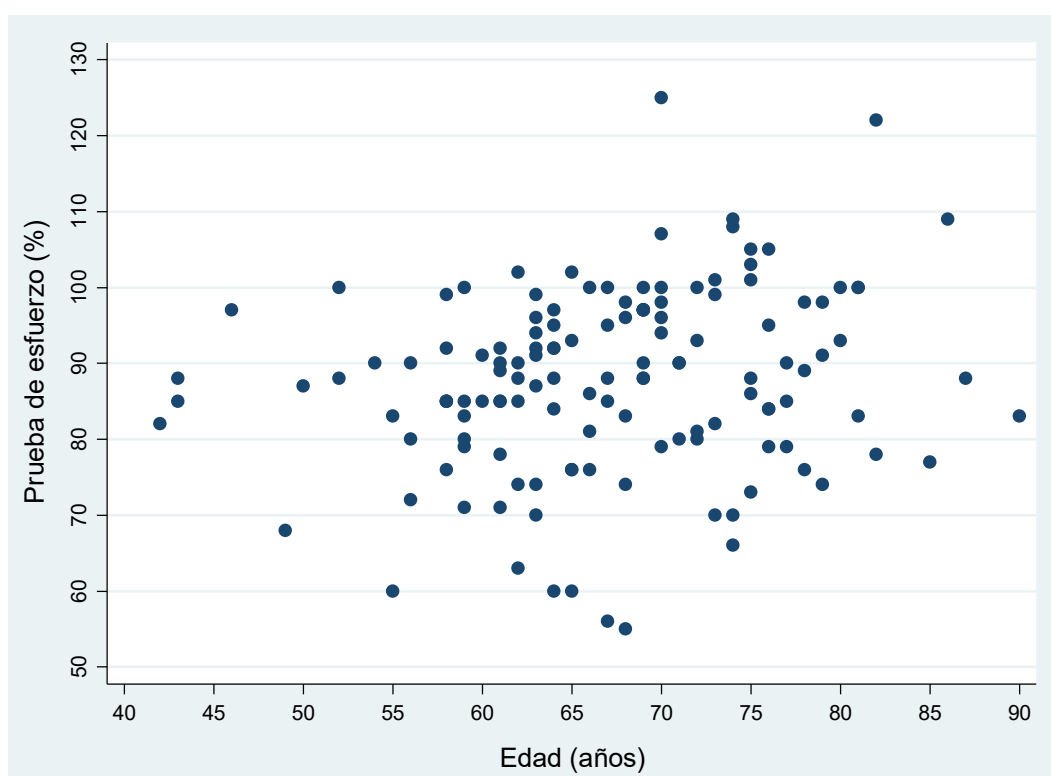
Gráfico 2: Costa Rica. Estadísticas descriptivas de la prueba de esfuerzo (%) positiva por sexo. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Se corrobora que no existe relación entre la prueba de esfuerzo positiva y la edad de los pacientes en estudio (coeficiente de correlación = 0,0211) muy cercano a cero lo que indica que estas dos variables no están relacionadas y el diagrama de dispersión no muestra ningún tipo de relación. (Gráfico 3)

Gráfico 3: Costa Rica. Diagrama de dispersión de los valores de la prueba de esfuerzo (%) positiva en relación de la edad de los pacientes en estudio. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)

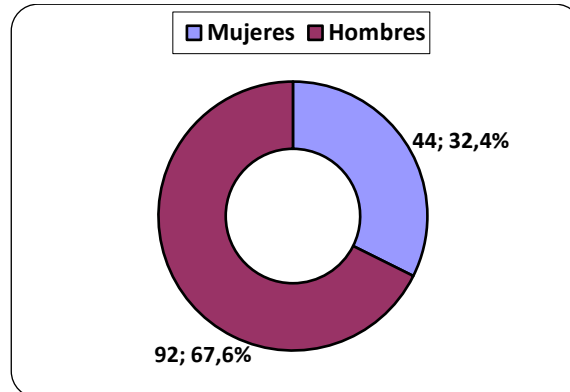


Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Sexo

El 67,6% de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva son hombres. (Gráfico 4)

Gráfico 4. Costa Rica. Distribución absoluta y relativa del sexo de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva en el periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)

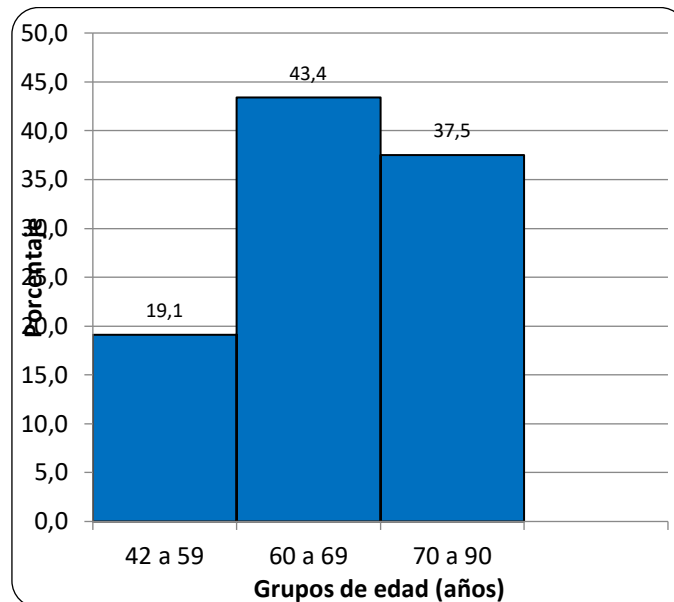


Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Edad

El 62,5% de los pacientes que realizaron la prueba de esfuerzo tienen menos de 70 años. (Gráfico 5)

Gráfico 5. Costa Rica. Histograma de frecuencias de la edad de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva en el periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)



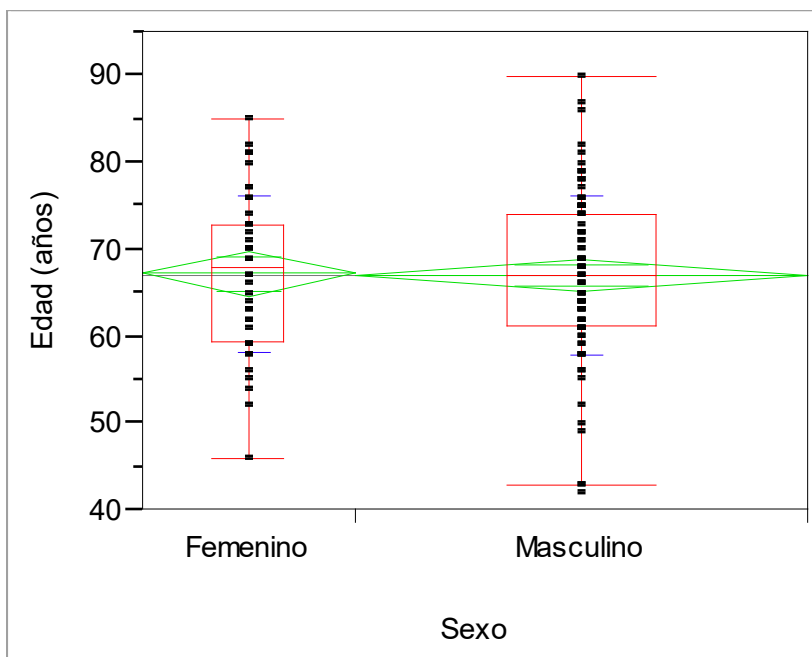
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

El promedio de edad de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo resulto positiva por inducción de isquemia es de $67,1 \pm 9,1$ años, con un rango de entre 42,0 años y 90,0 años, el 75% de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo resulto positiva tienen 61,0 años o más.

El promedio de edad de las pacientes mujeres en las que la prueba de esfuerzo resulto positiva es $67,2 \pm 8,9$ años, con un rango de entre 46 años y 85 años a su vez que el 75% de las pacientes mujeres en las que la prueba de esfuerzo resulto positiva tienen 59,5 años o más.

El promedio de edad de los pacientes hombres en los que la prueba de esfuerzo resulto positiva es $67,0 \pm 9,2$ años, con un rango de entre 42 años y 90 años. El 75% de los pacientes hombres en lo que la prueba de esfuerzo resulto positiva tienen 61,3 años o más. No existen diferencias estadísticamente significativas al 5% entre estos dos promedios; es decir, la edad promedio de las pacientes mujeres en lo que la prueba de esfuerzo resulto positiva es igual que la edad promedio de los pacientes hombres en lo que la prueba de esfuerzo resulto positiva. ($p = 0,9182$). (Gráfico 6) (Cuadro 4). Se cumple el supuesto de igualdad de varianzas (prueba de Levene, $p = 0,8972$). (Tabla 3)

Gráfico 6. Costa Rica. Estadísticas descriptivas de la edad (años) de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva por sexo. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Tabla 3: Costa Rica. Estadísticas descriptivas de la edad (años) de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva por sexo. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)

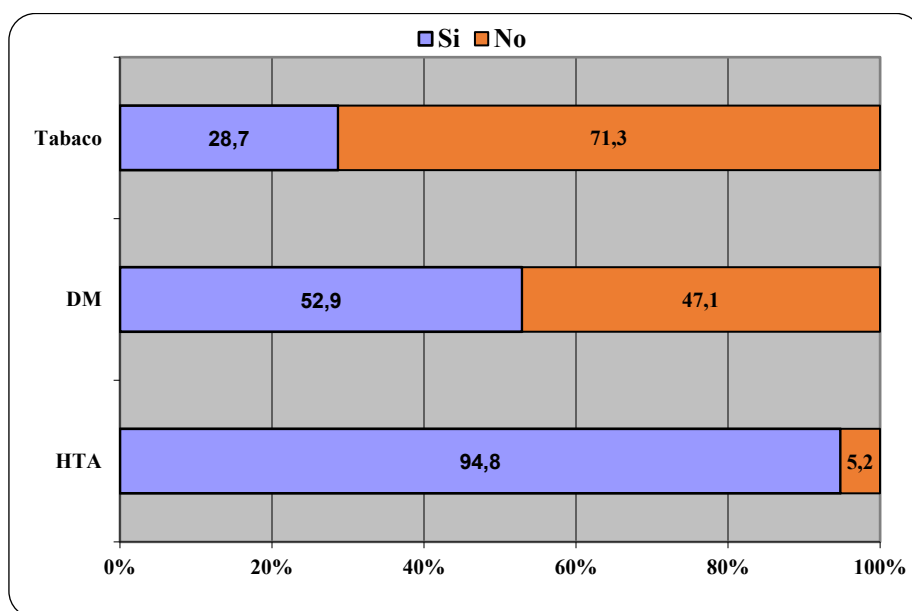
Sexo	Pacientes	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3	I. de C. al 95%		Prueba F	Prueba Levene
									Límite inferior	Límite superior	Valor de p	
Total	136	67,1	9,1	42,0	90,0	61,0	67,0	74,0				
Femenino	44	67,2	8,9	46,0	85,0	59,5	68,0	73,0	64,5	69,9	0,9182	0,8972
Masculino	92	67,0	9,2	42,0	90,0	61,3	67,0	74,0	65,1	68,9		

Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Comorbilidades

Aproximadamente el 95,0% de los pacientes en estudio son Hipertensos (HTA), un poco más de la mitad Diabetes Mellitus (DM) y cerca del 30,0% son fumadores o eran fumadores. (Gráfico 7)

Gráfico 7. Costa Rica: Distribución relativa de las comorbilidades preexistentes en los pacientes en que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva en el periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)

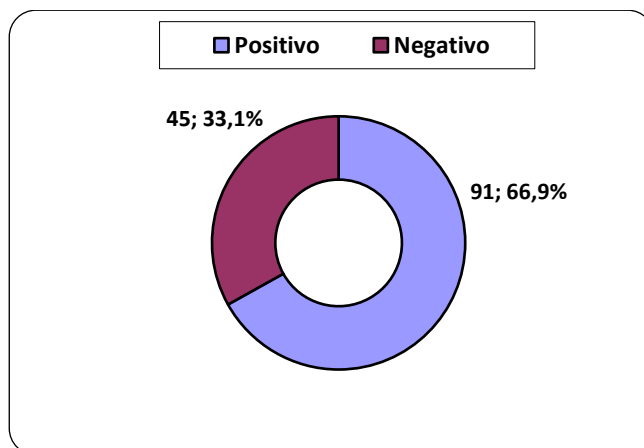


Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

Cateterismo

El 66,9% de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva por inducción de isquemia, se realizó angiografía coronaria posterior al estudio no invasivo. (Gráfico 8)

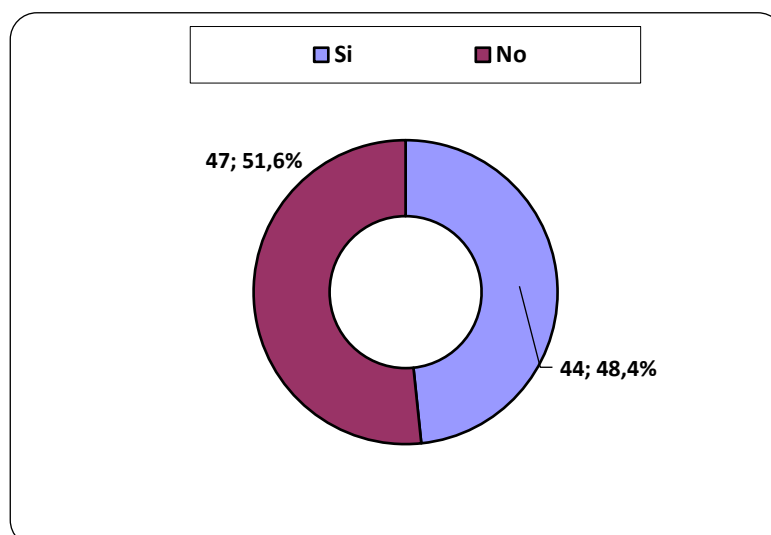
Gráfico 8. Costa Rica. Distribución absoluta y relativa de la presencia del cateterismo en los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva en el periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Del total de pacientes a quien se le realizó la angiografía coronaria posterior a la prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia; el 51% de ellos presentaron algún tipo de lesión significativa. (Gráfico 9)

Gráfico 9. Costa Rica. Distribución absoluta y relativa de lesiones post cateterismo en los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva en el periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 91 pacientes)

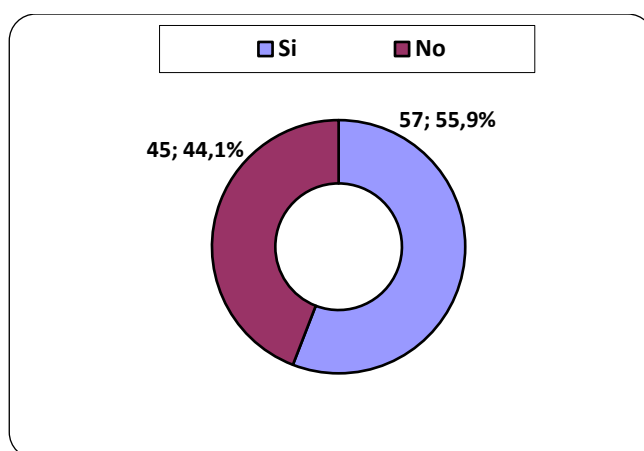


Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Cateterismo previo

El 55,9% de los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva tuvieron cateterismo previo. (Gráfico 10)

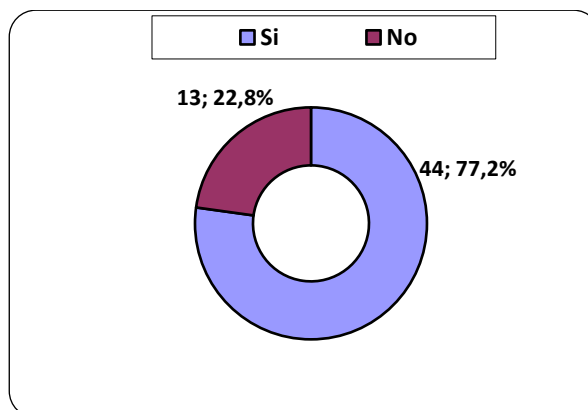
Gráfico 10. Costa Rica. Distribución absoluta y relativa del resultado del cateterismo en los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva en el periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Del total de pacientes que tuvieron cateterismo previo el 77,2% de ellos presentaron lesiones previas. (Gráfico 11)

Gráfico 11. Costa Rica. Distribución absoluta y relativa de lesiones post cateterismo en los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva en el periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 57 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Relación entre el cateterismo vs el cateterismo previo

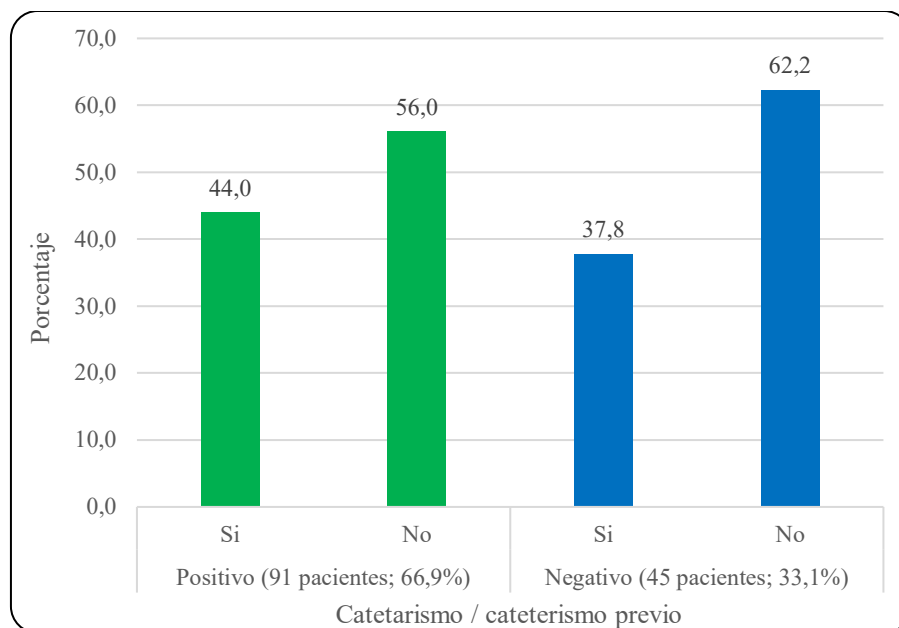
No existe asociación entre el resultado del cateterismo y el cateterismo previo en los pacientes con resultado positivo en la prueba de esfuerzo; es decir, estas dos variables son independientes. (Tabla 4) (Gráfico 12)

Tabla 4. Costa Rica. Relación entre el cateterismo y el cateterismo previo en los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)

Cateterismo	Cateterismo previo	Pacientes	Porcentaje
Positivo (91 pacientes; 66,9%)	Si	40	44,0
	No	51	56,0
Negativo (45 pacientes; 33,1%)	Si	17	37,8
	No	28	62,2
Prueba Chi-cuadrado		0,47	
Valor de p		0,492	

Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 12. Costa Rica. Relación entre el cateterismo y el cateterismo previo en los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Modelo de regresión lineal múltiple

Tabla 5. Costa Rica. Descripción de las variables a utilizar en el modelo de regresión lineal múltiple.

Variable	Tipo	Códigos / Valores
Prueba de esfuerzo (%)	Dependiente	Continua
Edad (años)	Independiente	42,0 a 90,0 años
Sexo	Independiente	1 = Masculino 0 = Femenino (Referencia)
HTA	Independiente	1 = Si 0 = No (Referencia)
Fumado	Independiente	1 = Si 0 = No (Referencia)
DM	Independiente	1 = Si 0 = No (Referencia)
Cateterismo	Independiente	1 = Positivo 0 = Negativo (Referencia)

En regresión múltiple es posible hallar un modelo más sencillo (con menos variables) que el original, pero que a su vez tenga muy buenos estadísticos de evaluación del modelo. En este caso se utilizó el procedimiento “*stepwise*” y se obtuvo el siguiente modelo final. (Tabla 6)

Tabla 6. Influencia de las variables independientes sobre la variable prueba de esfuerzo en los pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 136 pacientes)

Prueba de Esfuerzo	Coefficiente	Error estándar	t	P > t 	I. de C. al 95%	
Sexo	-4,84	2,15	-2,25	0,026*	-9,09	-0,59
Cateterismo	-5,51	2,14	-2,58	0,011*	-9,74	-1,28
Constante	94,73	2,29	41,35	0,000	90,2	99,27

* Significativo al 5%

El valor porcentual de la prueba de esfuerzo disminuye 4,84 unidades si se es hombre, comparado con las mujeres, dejando las demás variables constantes. El valor porcentual de la prueba de esfuerzo disminuye 5,51 unidades si la prueba de cateterismo es positiva, comparado con la prueba de cateterismo negativa, dejando las demás variables constantes.

- Ho: Los residuos se distribuyen normalmente
- Ha: Los residuos no se distribuyen normalmente

Se cumple el supuesto de normalidad de los residuos, porque el valor de p es mayor del nivel de significancia ($\alpha = 0,05$); es decir, no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. (Tabla 7)

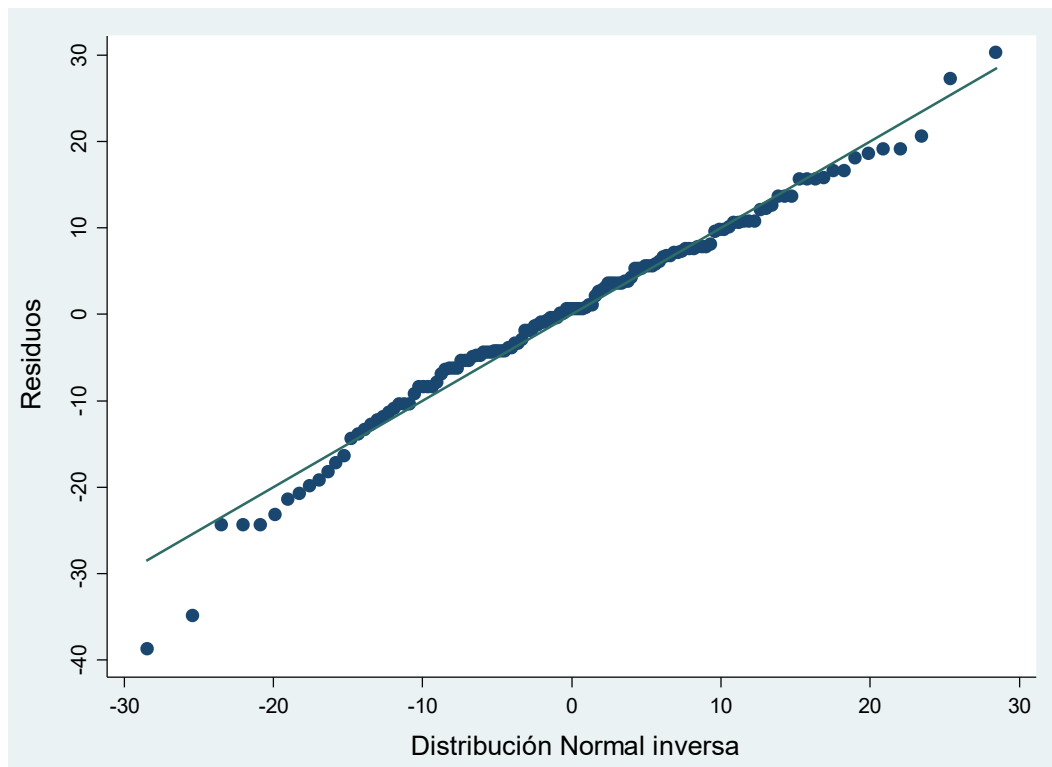
Tabla 7. Prueba de normalidad de los residuos del modelo de regresión lineal múltiple por medio de la prueba Shapiro-Francia.

	Observaciones	W'	V'	Valor z	Valor de p
Residuos	136	0,98234	2,074	1,471	0,0706

Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

La gráfica de los residuos corrobora o que la prueba de Shapiro-Francia muestra, porque aproximadamente el 90% de ellos están sobre la diagonal, lo que demuestra su comportamiento normal. (Gráfico 13)

Gráfico 13. Prueba de normalidad de los residuos del modelo de regresión lineal múltiple de los cuantiles por la distribución normal.



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

No se cumple el supuesto de homogeneidad de la varianza por medio de la prueba Breusch-Pagan, que prueba las siguientes hipótesis:

Ho: Varianza constante

Ha: Varianza variable

Chi-cuadrado = 4,62; valor de $p = 0,0316$. Como el valor de p es menor del nivel de significancia ($\alpha = 0,05$), no existe suficiente evidencia para aceptar la hipótesis nula.

Pruebas diagnósticas

Definiciones

Sensibilidad: Es la probabilidad de tener un resultado en la prueba positivo (anormal), dado que se está enfermo; es decir, clasifica a los verdaderos enfermos.

Especificidad: Es la probabilidad de tener un resultado en la prueba negativo (normal), dado que no está enfermo; es decir, clasifica a los verdaderos sanos.

Valor predictivo positivo: Es la probabilidad de tener la enfermedad, dado que el resultado de la prueba es positivo (anormal). Depende fundamentalmente de

la especificidad del test y de la prevalencia de la enfermedad en la población estudiada.

Valor predictivo negativo: Es la probabilidad de no tener la enfermedad, dado que el resultado de la prueba es negativo (normal). Depende fundamentalmente de la sensibilidad del test y de la prevalencia de la enfermedad en la población estudiada.

Precisión diagnóstica: Es la probabilidad de que un individuo sea clasificado correctamente por la prueba.

Razón de verosimilitud de prueba positiva (LR+): Mide la relación del resultado de la prueba positiva, entre los enfermos y los no enfermos. También lo podemos definir como el "chance" de que un resultado positivo provenga de un enfermo frente a que provenga de uno sano. Por ejemplo, un coeficiente de probabilidad positivo de 4 significa que son cuatro veces más probable que un test positivo provenga de un enfermo que de un sano. Cuanto más alto sea este valor, mayor será la probabilidad posterior de enfermar.

Razón de verosimilitud de prueba negativa (LR-): Mide la relación del resultado de la prueba negativa, entre los enfermos y los no enfermos. También lo podemos definir como el "chance" de que un resultado negativo provenga de un enfermo frente a que provenga de uno sano. Cuanto menor sea este valor, menor será la probabilidad posterior de enfermar.

Método de análisis

Se utilizó el análisis ROC no parámetro, donde la variable de referencia es el **cateterismo**, la variable de clasificación **el porcentaje de la prueba de esfuerzo agrupado en deciles (de mayor a menor)** y se discrimino para cada grupo de las variables, sexo (Femenino – Masculino), HTA (Si – No), fumado (Si – No) y DM (Si – No).

Cateterismo, prueba de esfuerzo por sexo

Cada punto de corte en el cuadro 9 indica los grupos utilizados para clasificar los resultados de la prueba de esfuerzo en un paciente con cateterismo positivo o negativo en las mujeres. El primer punto de corte ($\geq 101\%$) indica que todas las pruebas de esfuerzo mayores o iguales a 101% de frecuencia cardiaca esperada para la edad, se clasifican como provenientes de pacientes con cateterismo positivo, pero solo el 68,2% de los pacientes son clasificados correctamente. En consecuencia, todos los pacientes enfermos se clasifican correctamente (sensibilidad = 100,0%).

Para el segundo punto de corte (≥ 99) la sensibilidad va disminuyendo y de manera análoga la especificidad va aumentando, en este punto se tendrá la mejor clasificación correctamente de la sensibilidad y la especificidad simultáneamente.

(Tabla 8)

Entre los valores de la prueba de esfuerzo 84% y 86% se tiene más probabilidad de que un paciente resulte con cateterismo positivo; y con valores del 99% que resulte con cateterismo negativo. (Tabla 8)

Tabla 8. Costa Rica. Sensibilidad y especificidad para la prueba de esfuerzo en las pacientes mujeres. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 44 pacientes)

Punto de corte PE (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Clasificados correctamente (%)	LR+	LR-	1-Especificidad (%)
Decil 1 (>= 101)	100,0	0,0	68,2	1,0000		100,0
Decil 2 (>= 99)	96,7	28,6	75,0	1,3533	0,1167	71,4
Decil 3 (>= 96)	80,0	57,1	72,7	1,8667	0,3500	42,9
Decil 4 (>= 92)	63,3	57,1	61,4	1,4778	0,6417	42,9
Decil 5 (>= 88)	50,0	64,3	54,6	1,4000	0,7778	35,7
Decil 6 (>= 86)	46,7	78,6	56,8	2,1778	0,6788	21,4
Decil 7 (>= 84)	43,3	78,6	54,6	2,0222	0,7212	21,4
Decil 8 (>= 79)	30,0	78,6	45,5	1,4000	0,8909	21,4
Decil 9 (>= 72)	16,7	85,7	38,6	1,1667	0,9722	14,3
Decil 10 (>= 55)	10,0	92,9	36,4	1,4000	0,9692	7,1
(> 55)	0,0	100,0	31,8		1,0000	0,0

Pacientes	Área ROC	Error estándar	I. de C. 95%	
44	0,6726	0,0983	0,4799	0,8653

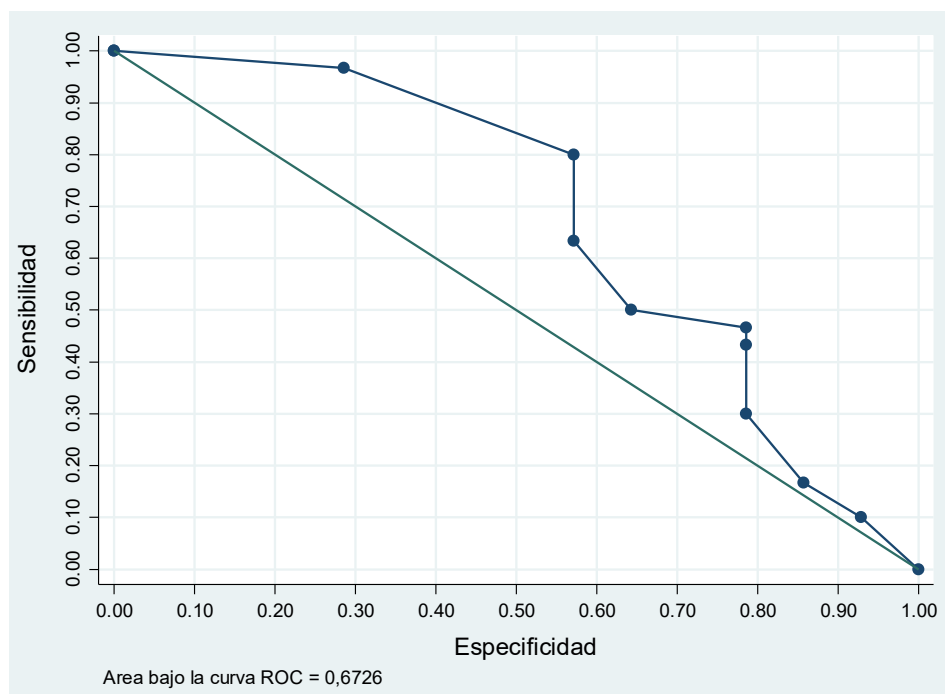
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

La capacidad discriminativa de una prueba diagnóstica es la capacidad para discriminar pacientes sanos (cateterismo negativo) de enfermos (cateterismo positivo). Para ello, el parámetro a estimar es el área bajo la curva ROC (AUC, “*area under the curve*”), medida única e independiente de la prevalencia de la

enfermedad en estudio. El AUC refleja qué tan bueno es el test para discriminar pacientes con y sin la enfermedad a lo largo de todo el rango de puntos de corte posibles.

El eje Y del gráfico de curva ROC corresponde a la proporción de verdaderos positivos sobre el total de pacientes positivos (sensibilidad), y el eje X puede corresponder a los verdaderos negativos (especificidad). (Gráfico 14)

Gráfico 14. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en las pacientes mujeres. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 44 pacientes)



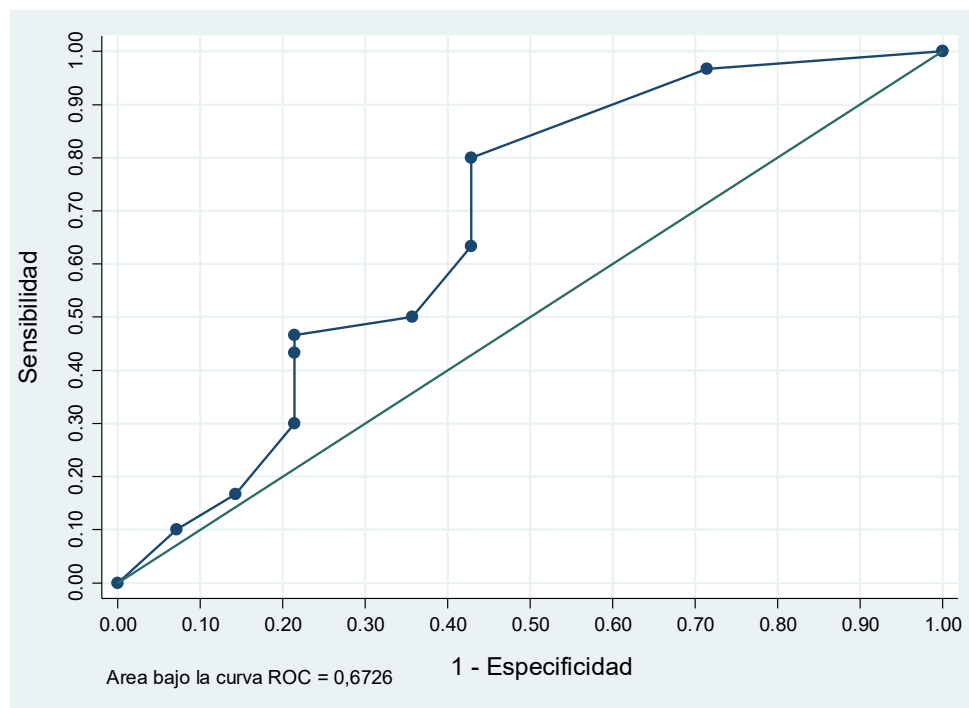
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

También se puede graficar la proporción de falsos positivos sobre el total de sujetos negativos ($1 -$ especificidad); es decir, la “proporción de verdaderos positivos” (eje Y) versus la “proporción de falsos positivos” (eje X). (Gráfico 16)

Una prueba diagnóstica se considera no-discriminativa si su curva ROC coincide con la línea de no-discriminación (diagonal), la cual posee $AUC = 0,50$. A medida que el AUC de una prueba diagnóstica se acerca al valor 1,00 (prueba diagnóstica perfecta), mayor será su capacidad discriminativa.

El área bajo la curva (AUC) también se puede interpretar como el promedio de la sensibilidad para todos los posibles valores de especificidad. Y análogamente, como el promedio de la especificidad para todos los posibles valores de sensibilidad.

Gráfico 15. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en las pacientes mujeres. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 44 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

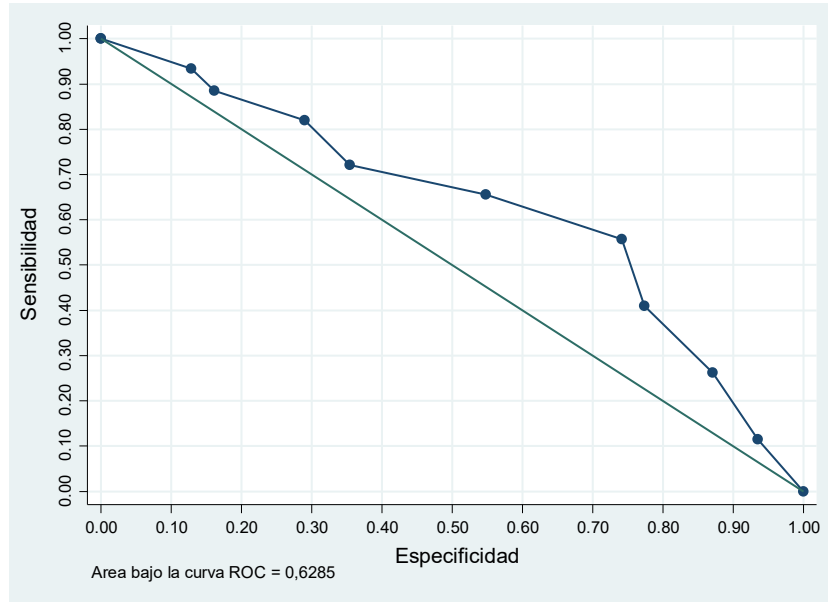
Tabla 9. Costa Rica. Sensibilidad y especificidad para la prueba de esfuerzo en los pacientes hombres. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 92 pacientes)

Punto de corte PE (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Clasificados correctamente (%)	LR+	LR-	1-Especificidad (%)
Decil 1 (>= 101)	100,0	0,0	66,3	1,0000		100,0
Decil 2 (>= 99)	93,4	12,9	66,3	1,0729	0,5082	87,1
Decil 3 (>= 96)	88,5	16,1	64,1	1,0555	0,7115	83,9
Decil 4 (>= 92)	82,0	29,0	64,1	1,1550	0,6211	71,0
Decil 5 (>= 88)	72,1	35,5	59,8	1,1180	0,7854	64,5
Decil 6 (>= 86)	65,6	54,8	62,0	1,4520	0,6278	45,2
Decil 7 (>= 84)	55,7	74,2	62,0	2,1598	0,5966	25,8
Decil 8 (>= 79)	41,0	77,4	53,3	1,8150	0,7623	22,6
Decil 9 (>= 72)	26,2	87,1	46,7	2,0328	0,8470	12,9
Decil 10 (>= 55)	11,5	93,6	39,1	1,7787	0,9463	6,5
(> 55)	0,0	100,0	33,7		1,0000	0,0

Pacientes	Área ROC	Error estándar	I. de C. 95%	
92	0,6285	0,061	0,5089	0,7481

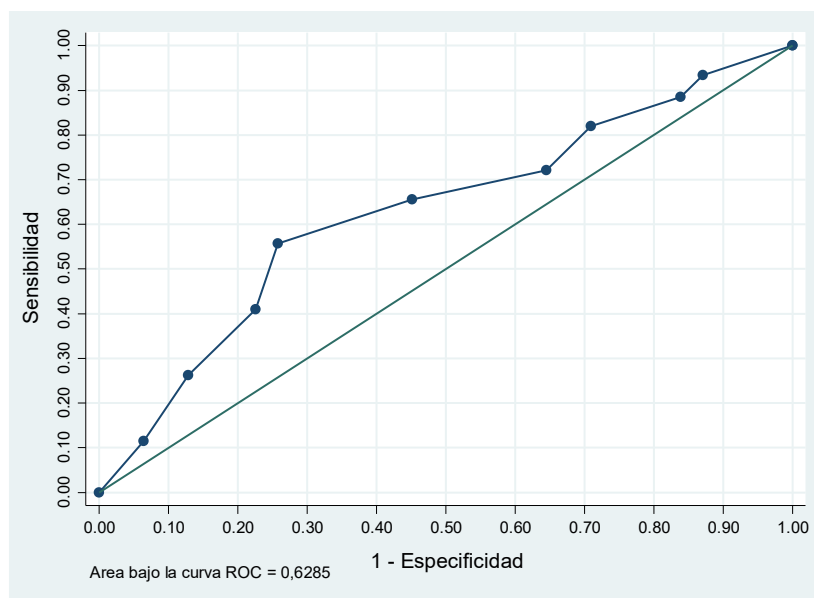
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 16. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes hombres. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 92 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 17. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes hombres. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 92 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

La HTA no discrimina porque el 94,8% de ellos son hipertensos.

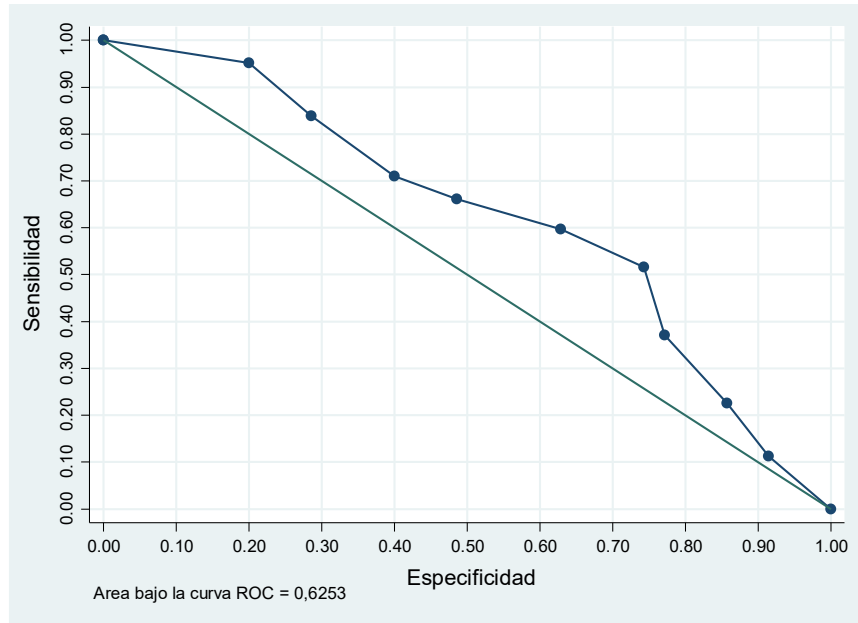
Cateterismo, prueba de esfuerzo por fumado

Tabla 10. Costa Rica. Sensibilidad y especificidad para la prueba de esfuerzo en los pacientes no fumadores. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 97 pacientes)

Punto de corte PE (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Clasificados correctamente (%)	LR+	LR-	1-Especificidad (%)
Decil 1 (>= 101)	100,0	0,0	63,9	1,0000		100,0
Decil 2 (>= 99)	95,2	20,0	68,0	1,1895	0,2419	80,0
Decil 3 (>= 96)	83,9	28,6	63,9	1,1742	0,5645	71,4
Decil 4 (>= 92)	71,0	40,0	59,8	1,1828	0,7258	60,0
Decil 5 (>= 88)	66,1	48,6	59,8	1,2858	0,6973	51,4
Decil 6 (>= 86)	59,7	62,9	60,8	1,6067	0,6415	37,1
Decil 7 (>= 84)	51,6	74,3	59,8	2,0072	0,6514	25,7
Decil 8 (>= 79)	37,1	77,1	51,6	1,6230	0,8154	22,9
Decil 9 (>= 72)	22,6	85,7	45,4	1,5806	0,9032	14,3
Decil 10 (>= 55)	11,3	91,4	40,2	1,3172	0,9703	8,6
(> 55)	0,0	100,0	36,1		1,0000	0,0
<hr/>						
	Observaciones	Área ROC	Error estándar	I. de C. 95%		
	97	0,6253	0,0602	0,5075	0,7432	

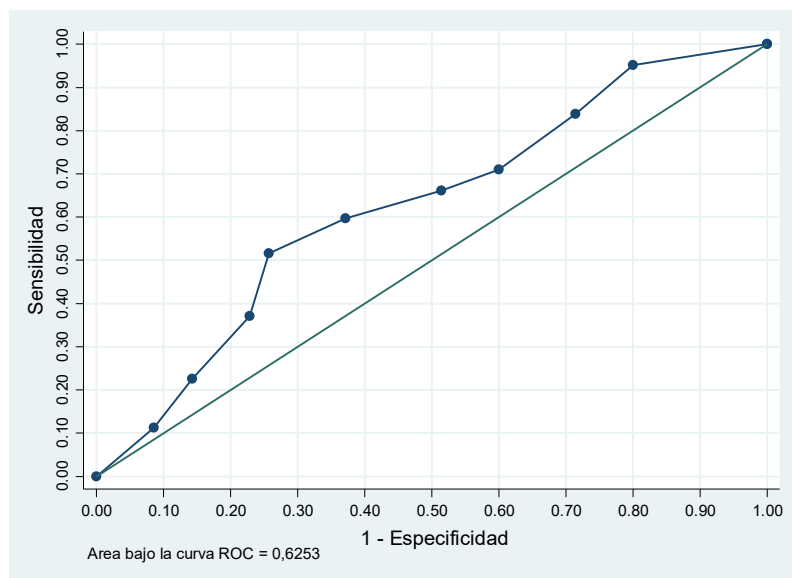
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 18. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes no fumadores. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 97 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 19. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes no fumadores. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 97 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

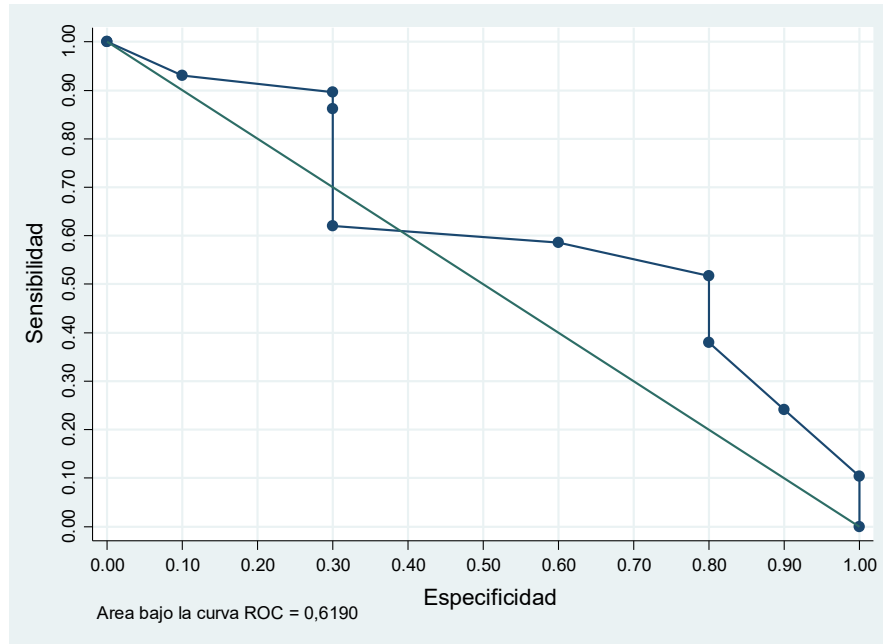
Tabla 11. Costa Rica. Sensibilidad y especificidad para la prueba de esfuerzo en los pacientes fumadores. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 39 pacientes)

Punto de corte PE (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Clasificados correctamente (%)	LR+	LR-	1-Especificidad (%)
Decil 1 (≥ 101)	100,0	0,0	74,4	1,0000		100,0
Decil 2 (≥ 99)	93,1	10,0	71,8	1,0345	0,6897	90,0
Decil 3 (≥ 96)	89,7	30,0	74,4	1,2808	0,3448	70,0
Decil 4 (≥ 92)	86,2	30,0	71,8	1,2315	0,4598	70,0
Decil 5 (≥ 88)	62,1	30,0	53,9	0,8867	1,2644	70,0
Decil 6 (≥ 86)	58,6	60,0	59,0	1,4655	0,6897	40,0
Decil 7 (≥ 84)	51,7	80,0	59,0	2,5862	0,6034	20,0
Decil 8 (≥ 79)	37,9	80,0	48,7	1,8966	0,7759	20,0
Decil 9 (≥ 72)	24,1	90,0	41,0	2,4138	0,8429	10,0
Decil 10 (≥ 55)	10,3	100,0	33,3		0,8966	0,0
(> 55)	0,0	100,0	25,6		1,0000	0,0

Observaciones	Área ROC	Error estándar	I. de C. 95%	
39	0,6190	0,1011	0,4210	0,8171

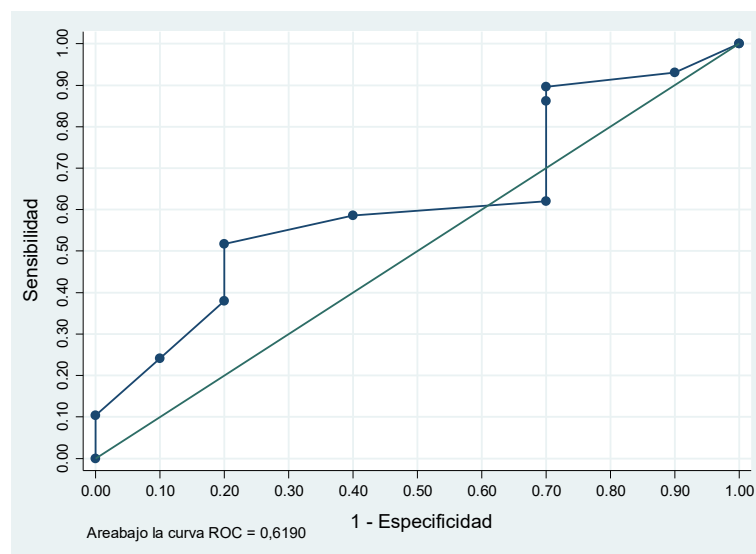
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 20. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes fumadores. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 39 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 21. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes fumadores. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 39 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Cateterismo, prueba de esfuerzo por DM

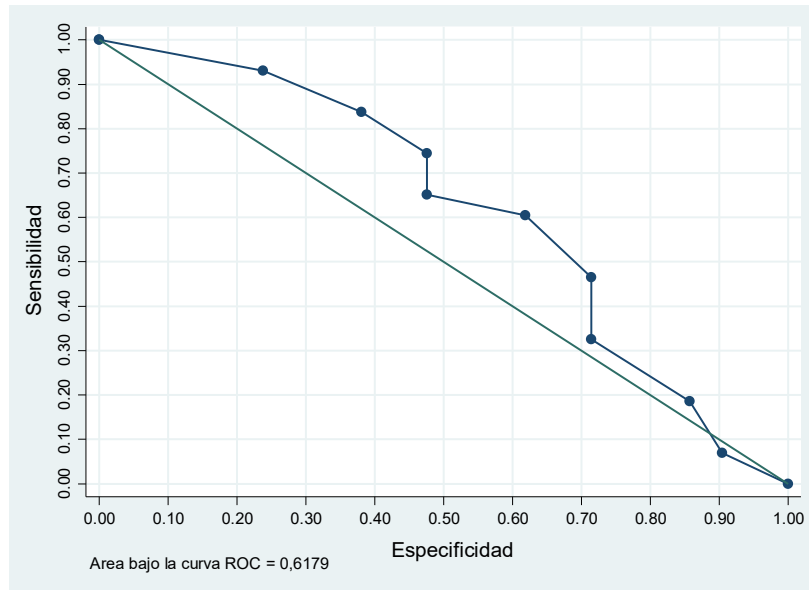
Tabla 12. Costa Rica. Sensibilidad y especificidad para la prueba de esfuerzo en los pacientes sin DM. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 64 pacientes)

Punto de corte PE (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Clasificados correctamente (%)	LR+	LR-	1-Especificidad (%)
Decil 1 (>= 101)	100,0	0,0	67,2	1,0000		100,0
Decil 2 (>= 99)	93,0	23,8	70,3	1,2209	0,2930	76,2
Decil 3 (>= 96)	83,7	38,1	68,8	1,3524	0,4273	61,9
Decil 4 (>= 92)	74,4	47,6	65,6	1,4207	0,5372	52,4
Decil 5 (>= 88)	65,1	47,6	59,4	1,2431	0,7326	52,4
Decil 6 (>= 86)	60,5	61,9	60,9	1,5872	0,6386	38,1
Decil 7 (>= 84)	46,5	71,4	54,7	1,6279	0,7488	28,6
Decil 8 (>= 79)	32,6	71,4	45,3	1,1395	0,9442	28,6
Decil 9 (>= 72)	18,6	85,7	40,6	1,3023	0,9496	14,3
Decil 10 (>= 55)	7,0	90,5	34,4	0,7326	1,0282	9,5
(> 55)	0,0	100,0	32,8		1,0000	0,0

Pacientes	Área ROC	Error estándar	I. de C. 95%	
64	0,6179	0,0807	0,4599	0,7760

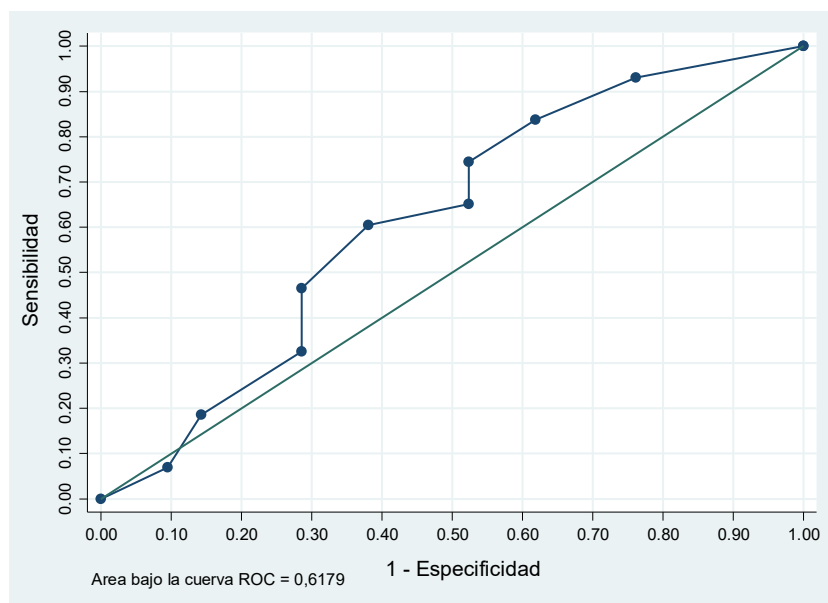
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 22. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes sin DM. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 64 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 23. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes sin DM. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 64 pacientes)



Fuente: Expedientes

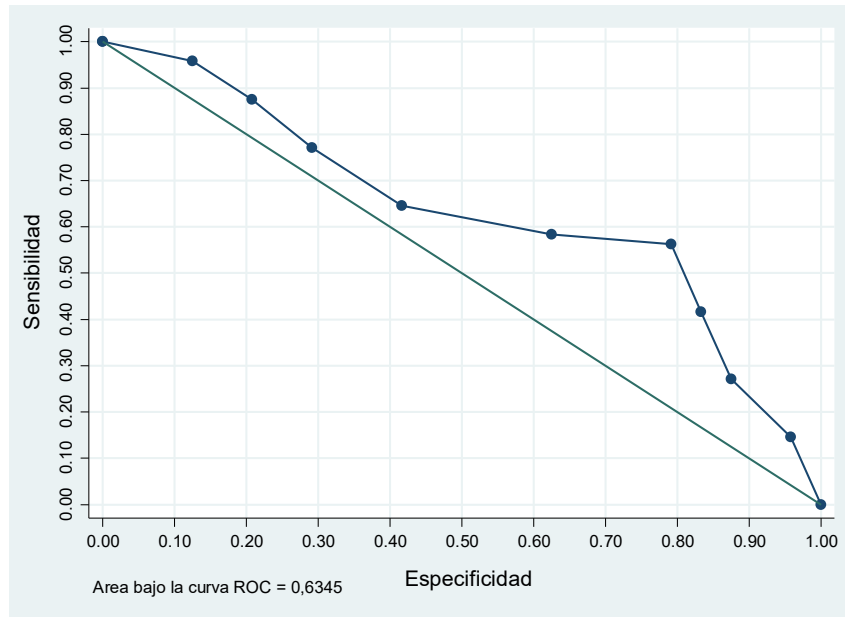
Tabla 13. Costa Rica. Sensibilidad y especificidad para la prueba de esfuerzo en los pacientes con DM. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 39 pacientes)

Punto de corte PE (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Clasificados correctamente (%)	LR+	LR-	1-Especificidad (%)
Decil 1 (≥ 101)	100,0	0,0	66,7	1,0000		100,0
Decil 2 (≥ 99)	95,8	12,5	68,1	1,0952	0,3333	87,5
Decil 3 (≥ 96)	87,5	20,8	65,3	1,1053	0,6000	79,2
Decil 4 (≥ 92)	77,1	29,2	61,1	1,0882	0,7857	70,8
Decil 5 (≥ 88)	64,6	41,7	56,9	1,1071	0,8500	58,3
Decil 6 (≥ 86)	58,3	62,5	59,7	1,5556	0,6667	37,5
Decil 7 (≥ 84)	56,3	79,2	63,9	2,7000	0,5526	20,8
Decil 8 (≥ 79)	41,7	83,3	55,6	2,5000	0,7000	16,7
Decil 9 (≥ 72)	27,1	87,5	47,2	2,1667	0,8333	12,5
Decil 10 (≥ 55)	14,6	95,8	41,7	3,5000	0,8913	4,2
(> 55)	0,0	100,0	33,3		1,0000	0,0

Pacientes	Área ROC	Error estándar	I. de C. 95%	
72	0,6345	0,679	0,5015	0,7676

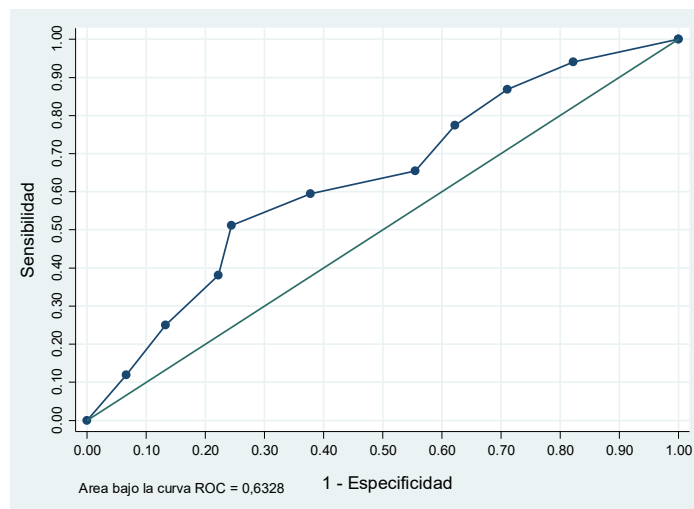
Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 24. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes con DM. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 72 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Gráfico 25. Costa Rica. Curva ROC para la prueba de esfuerzo en los pacientes con DM. Pacientes en los que la prueba de esfuerzo fue reportada como positiva. Periodo del 01 enero 2018 al 31 de diciembre 2019. (N = 72 pacientes)



Fuente: Base de datos de Prueba de esfuerzo. Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia

Discusión

De manera coincidente con la literatura internacional, los datos del presente registro muestran que la mayoría de los pacientes (cerca del más del 65%) alcanzaron el 85% de la frecuencia cardiaca máxima esperada para edad, resultado en pruebas suficientes en la mayor cantidad de las personas incluidas.

Del análisis de los resultados se desprende que encontrar una prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia fue más frecuente en hombres que en mujeres, en una relación 2:1. Ya que el análisis actual no incluye a todas las personas que realizaron prueba de esfuerzo por sospecha de enfermedad arterial coronaria; no es posible determinar si existe realmente una tendencia a que los hombres presenten más frecuentemente una prueba de esfuerzo positiva; o simplemente se trata de una mayor proporción de hombres a quienes se les solicita la prueba.

Sin embargo, diversos estudios hacen notar que usualmente los estudios diagnósticos se utilizan menos en mujeres que en hombres, esto relacionado a una menor tasa de consultas debido a una menor autopercepción de afectación a la salud y a que con más frecuencia las mujeres se presentan con cuadros atípicos que retrasan la solicitud de estudios diagnósticos complementarios; así como resultados menos concluyentes en los diferentes estudios realizados a nivel mundial que incluyen pruebas diagnósticas no invasivas³⁶⁻³⁹.

Es de resaltar que a diferencia de lo que se reporta en la literatura, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas de edad entre hombres y mujeres quienes presentaron una prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia, y tampoco se encontraron diferencias en cuanto a la cantidad de personas con angiografía coronaria con lesiones significativas; de tal manera que, contrario a la literatura mundial, en nuestro centro se tiene la misma probabilidad de presentar lesiones angiográficamente significativas en caso de presentar una prueba de esfuerzo con ejercicio reportada como positiva por inducción de isquemia, independientemente del sexo.

A pesar de que las mujeres presentaron una mayor capacidad funcional (dado por un mayor porcentaje de frecuencia cardiaca máxima esperada alcanzada durante la prueba), esto no representó una diferencia significativa a la hora de discriminar lesiones angiográficamente significativas.

Por su parte, y a pesar de conforme la población envejece es más probable presentar enfermedad arterial coronaria manifiesta, en el presente estudio la edad no fue un factor relevante a la hora de predecir la presencia de lesiones angiográficamente significativas posterior a tener una prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia; siendo igual de probable en cualquier rango de edad, tener lesiones significativas siempre y cuando la prueba de esfuerzo sea positiva por inducción de isquemia.

Los datos del presente registro coinciden con datos internacionales mostrando que con edades entre 60 y 70 años es cuando se presentan la mayor cantidad de personas con datos clínicos de isquemia coronaria y por ende mayor cantidad de personas con prueba de esfuerzo positiva se encuentran en este rango de edad^{40,41}.

En cuanto a las comorbilidades, el 94% de las personas con prueba de esfuerzo son hipertensas, haciendo notar la alta carga que impone la hipertensión arterial sobre el sistema cardiovascular; siendo la HTA una de las comorbilidades más importantes en la enfermedad arterial coronaria.

Sin embargo, el alto porcentaje de personas hipertensas no permite utilizar este parámetro como posible discriminador para determinar en un futuro a quién podría ser de mayor utilidad la prueba de esfuerzo para diagnóstico de enfermedad arterial coronaria.

Por su parte y acorde con la literatura mundial, cerca del 50% de las personas en el presente registro son diabéticas, siendo esta otra causa importante de alteraciones cardiovasculares.

Cabe resaltar que la carga que impone tanto la hipertensión arterial como la diabetes mellitus afecta de igual manera independientemente del sexo, capacidad funcional al realizar la prueba de esfuerzo y la edad; reflejando la importancia de un manejo temprano y agresivo de ambas patologías, tan frecuentemente asociadas a la cardiopatía isquémica.

Por su parte, y de manera coincidente con registros mundiales, el 30% de las personas reportaron haber sido tabaquistas, sean activas o inactivas. Como fue mencionado previamente, esta es una de las principales causas prevenibles de enfermedad arterial coronaria.

Estas 3 comorbilidades, sea que se presenten solas, o en conjunto; están presentes en el 100% de las personas con prueba de esfuerzo positiva en este registro, recalando la importancia que tienen estas, y la carga que imponen al sistema de salud. Sin embargo, la presencia o ausencia de estas, no permite realizar una discriminación adecuada de algún perfil de paciente con mayor o menor probabilidad de ser diagnosticado correctamente con enfermedad arterial coronaria a través de la prueba de esfuerzo con ejercicio.

Por otra parte, es interesante hacer notar que solo un 50% de las personas en quien ya se realizó una angiografía coronaria posterior a la prueba de esfuerzo, presentan lesiones angiográficamente significativas.

Tomando en cuenta la importante cantidad de recursos que representa para la seguridad social la realización de un cateterismo, una probabilidad del 50% de un adecuado diagnóstico de enfermedad arterial coronaria parece ser extremadamente bajo.

También es llamativo que cerca de un 30% de las personas con prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia, ya tenían diagnóstico de enfermedad arterial coronaria conocida por una angiografía previa. Sin embargo,

no hubo relación estadísticamente significativa entre este hallazgo, en contraposición a las personas que no tenían lesiones previas conocidas; para el diagnóstico de nueva enfermedad arterial coronaria, a pesar de que tener enfermedad arterial coronaria previamente se ha considerado históricamente uno de los principales confusores de la prueba de esfuerzo con ejercicio.

Con los datos obtenidos de este registro, se demuestra que en el mejor de los casos se obtendrá una sensibilidad del 70% para diagnóstico de enfermedad arterial coronaria, en concordancia con los datos que se muestran a nivel internacional obtenidas de diferentes cohortes; mostrando además que no hay de momento un perfil de paciente que permita establecer de manera más fidedigna en quien una prueba de esfuerzo tendrá mejor capacidad diagnóstica para detección de enfermedad arterial coronaria.

Conclusiones

- La sensibilidad de la Prueba de esfuerzo con Ejercicio para detección de isquemia miocárdica, realizadas en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia en el periodo comprendido entre el 01 de enero del 2018 y el 31 de diciembre del 2019 es de aproximadamente un 65%, mientras que la especificidad se sitúa cerca del 55%.
- El 66% de las personas con prueba de esfuerzo positiva en este periodo corresponden a hombres.
- La hipertensión arterial es la comorbilidad más frecuentemente asociada en los pacientes con prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia.
- Aproximadamente el 50% de las personas con una prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia.
- El 30% de las personas con una prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia son o fueron fumadores activos.
- No es posible, con los datos recolectados en la base de datos del servicio de cardiología establecer un perfil de mayor probabilidad diagnóstica para enfermedad arterial coronaria, con prueba de esfuerzo con ejercicio.
- No existe diferencia alguna en los resultados de la angiografía coronaria en los diferentes grupos etarios, entre las personas con prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia.

- El tener una angiografía coronaria previa con diagnóstico de enfermedad arterial coronaria no aumenta el riesgo de presentar una prueba de esfuerzo positiva por inducción de isquemia, y que posteriormente esta se traduzca en nuevas lesiones significativas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Scherf. D, Schaffer. A. "The electrocardiographic exercise test". AHJ. Volumen 43,1952. P:927-946, [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(52\)902500](https://doi.org/10.1016/0002-8703(52)902500).
2. Master. A, Friedman. R, Dack. S. "The electrocardiogram after standard exercise as a functional test of the heart. AHJ. Volumen 24, 1942. P: 777-793. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(42\)90908-6](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(42)90908-6).
3. Wood. P, McGregor. M, Magidson. O, Whittaker. W. "The effort test in angina pectoris". *Br Heart J.* 1950;12(4):363-371. <https://doi:10.1136/hrt.12.4.363>
4. R Scari, et al. "Stress Echocardiography expert consensus statement". European Journal of Echocardiography. 2008. P:415-437. <https://doi:10.1093/ejechocard/jen175>
5. R Bruce, et al. "Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients". Pediatrics vol. 32,1963. P: 742-756.
6. D Shalala. "Physical activity and health: A report of Surgeon General". CDC. Capítulo 3. 1999.
7. D Zipes, P Libby, P Bonow, E Braunwald. "Braunwald. Tratado de Texto de Medicina Cardiovascular". 11 edición. Elsevier. Madrid. 2019.

8. W Boron, E Bulpaep. "Medical Physiology. A cellular and molecular approach". 3 edición. Elsevier. EEUU. 2017.
9. J Isea, E Piepoli, M Adamopoulos, S Pannarale, G Sleight. "Time course of haemodynamic changes after maximal exercise". *Eu journ of clinical investigation* P: 824–829.
<https://doi.org/10.1111/j.13652362.1994.tb02026.x>
10. V Aengevaeren, A Mosterd, S Sharma. "Exercise and Coronary Atherosclerosis". *Circulation*, Volumen 141. P:1338-1350. 2020.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.044467>
11. Y Matsuzawa, A Lerman. "Endothelial dysfunction and coronary artery disease: assessment, prognosis, and treatment". *Coron Artery Dis*. 2014 Dec;25(8):713-24. <https://doi:10.1097/MCA.000000000000178>.
12. Ridker. P, Stampfer, Rifai. N. "Novel risk factors for systemic atherosclerosis: a comparison of C-reactive protein, fibrinogen, homocysteine, lipoprotein(a), and standard cholesterol screening as predictors of peripheral arterial disease". *JAMA*, 285. P:2481-2485. 2004.
<https://10.1001/jama.285.19.2481>
13. Galis. Z, Jaikirshan. K. "Matrix metalloproteinases in vascular remodeling and atherogenesis: The Good, the bad an the ugly". *Circulation*, 251. P:251-262. 2002. <https://doi.10.1161/res.90.3.251>
14. Sachdev. M, Sun. J, Tsiatis. A, Nelson. C, Mark. D, Jollis. J. "The prognostic importance of comorbidity for mortality in patients with stable

- coronary artery disease". *Journal of the American College of Cardiology*, 43(4), 576–582. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2003.10.031>
15. Tušek Bunc. K, Petek. D. "Comorbidities and characteristics of coronary heart disease patients: their impact on health-related quality of life". *Health and quality of life outcomes*, 14(1), 159. <https://doi.org/10.1186/s12955-016-0560-1>
16. Cubrilo, M. "Hypertension and Coronary Heart Disease". *EJIFCC*, 14(2), 67–73. 2003
17. Agbor. B, Setaro, J. F. "Management of Hypertension in Patients with Ischemic Heart Disease". *Current cardiology reports*, 17(12), 119. 2015. <https://doi.org/10.1007/s11886-015-0662-0>
18. Rosendorff. C; et al. "Treatment of Hypertension in the Prevention and Management of Ischemic Heart Disease. A Scientific Statement From the American Heart Association Council for High Blood Pressure Research and the Councils on Clinical Cardiology and Epidemiology and Prevention". *Am Heart As.* 115:2761–2788. 2007. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.183885>
19. Neal. B, MacMahon. S, Chapman. N. "Effects of ACE inhibitors, calcium antagonists, and other blood-pressure-lowering drugs: results of prospectively designed overviews of randomised trials. Blood Pressure Lowering Treatment Trialists' Collaboration". *Lancet*, 356(9246), 1955–1964. 2000. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(00\)03307-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(00)03307-9)

20. Williams. B, Mancia. G, Spiering. W, et al. "2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension". *Journal of hypertension*, 36(10), 1953–2041. 2018. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001940>
21. Avogaro. A, Giorda. C, Maggini. M, Mannucci. E, Raschetti. R. "Incidence of coronary heart disease in type 2 diabetic men and women: impact of microvascular complications, treatment, and geographic location". *Diabetes care*, 30(5), 1241–1247. 2007. <https://doi.org/10.2337/dc06-2558>
22. Schmidt A. M. (2019). Diabetes Mellitus and Cardiovascular Disease. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 39(4), 558–568. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.119.310961>
23. Cosentino. F, et al. "ESC Scientific Document Group, 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD: The Task Force for diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD), *European Heart Journal*, Volume 41, Issue 2, 7 January 2020, Pages 255–323, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz486>

24. Feng, A, Peña. Y. “La cardiopatía isquémica en pacientes diabéticos y no diabéticos”. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, Volumen 16, Número 2. 2017.
25. Peix González, A., & García Barreto, D. (2014). Direcciones actuales en la detección de viabilidad miocárdica en cardiología nuclear. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 13(1). Recuperado de <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/445>
26. Bullen C. (2008). Impact of tobacco smoking and smoking cessation on cardiovascular risk and disease. *Expert review of cardiovascular therapy*, 6(6), 883–895. <https://doi.org/10.1586/14779072.6.6.883>
27. Jameson L (2018). “Harrison. Principios de Medicina interna”. McGraw-Hill. Ed. 20.
28. Instituto Nacional de Estadística y Censo (2020). “Tablas completas de Mortalidad, año 2019”. INEC.
29. Banerjee, A., Newman, D. R., Van den Bruel, A., & Heneghan, C. (2012). Diagnostic accuracy of exercise stress testing for coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *International journal of clinical practice*, 66(5), 477–492. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2012.02900.x>
30. Bourque, J. M., & Beller, G. A. (2015). Value of Exercise ECG for Risk Stratification in Suspected or Known CAD in the Era of Advanced Imaging

- Technologies. *JACC. Cardiovascular imaging*, 8(11), 1309–1321.
<https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.09.006>
31. Cumming, G. R., Dufresne, C., Kich, L., & Samm, J. (1973). Exercise electrocardiogram patterns in normal women. *British heart journal*, 35(10), 1055–1061. <https://doi.org/10.1136/hrt.35.10.1055>
32. Morise, A. P., & Beto, R. (1997). The specificity of exercise electrocardiography in women grouped by estrogen status. *International journal of cardiology*, 60(1), 55–65. [https://doi.org/10.1016/s0167-5273\(97\)02953-7](https://doi.org/10.1016/s0167-5273(97)02953-7)
33. Mieres, J. H., Gulati, M., Bairey Merz, N., Berman, D. S., Gerber, T. C., Hayes, S. N., Kramer, C. M., Min, J. K., Newby, L. K., Nixon, J. V., Srichai, M. B., Pellikka, P. A., Redberg, R. F., Wenger, N. K., Shaw, L. J., American Heart Association Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology, & Cardiovascular Imaging and Intervention Committee of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention (2014). Role of noninvasive testing in the clinical evaluation of women with suspected ischemic heart disease: a consensus statement from the American Heart Association. *Circulation*, 130(4), 350–379.
<https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000061>
34. Shaw, L. J., Mieres, J. H., Hendel, R. H., Boden, W. E., Gulati, M., Veledar, E., Hachamovitch, R., Arrighi, J. A., Merz, C. N., Gibbons, R. J., Wenger, N. K., Heller, G. V., & WOMEN Trial Investigators (2011). Comparative

effectiveness of exercise electrocardiography with or without myocardial perfusion single photon emission computed tomography in women with suspected coronary artery disease: results from the What Is the Optimal Method for Ischemia Evaluation in Women (WOMEN) trial. *Circulation*, 124(11),1239–1249.

<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.029660>

35. Hachamovitch, R., Rozanski, A., Hayes, S. W., Thomson, L. E., Germano, G., Friedman, J. D., Cohen, I., & Berman, D. S. (2006). Predicting therapeutic benefit from myocardial revascularization procedures: are measurements of both resting left ventricular ejection fraction and stress-induced myocardial ischemia necessary?. *Journal of nuclear cardiology : official publication of the American Society of Nuclear Cardiology*, 13(6), 768–778. <https://doi.org/10.1016/j.nuclcard.2006.08.017>

36. Vaccarino, V., Badimon, L., Corti, R., de Wit, C., Dorobantu, M., Hall, A., Koller, A., Marzilli, M., Pries, A., Bugiardini, R., & Working Group on Coronary Pathophysiology and Microcirculation (2011). Ischaemic heart disease in women: are there sex differences in pathophysiology and risk factors? Position paper from the working group on coronary pathophysiology and microcirculation of the European Society of Cardiology. *Cardiovascular research*, 90(1), 9–17. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvq394>

37. Samad, F., Agarwal, A., & Samad, Z. (2017). Stable ischemic heart disease in women: current perspectives. *International journal of women's health*, 9, 701–709. <https://doi.org/10.2147/IJWH.S107372>
38. Mehta, P. K., Wei, J., & Wenger, N. K. (2015). Ischemic heart disease in women: a focus on risk factors. *Trends in cardiovascular medicine*, 25(2), 140–151. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2014.10.005>
39. Veronique L Roger, Steven J Jacobsen, Patricia A Pellikka, Todd D Miller, Kent R Bailey, Bernard J Gersh. "Gender differences in use of stress testing and coronary heart disease mortality: a population-based study in Olmsted County, Minnesota". *Journal of the American College of Cardiology*. Volume 32, Issue 2, 1998. P. 345-352. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(98\)00229-0](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(98)00229-0).
40. Baroncini, Liz Andréa Villela, Baroncini, Camila Varotto, & Leal, Juliana Ferreira. (2019). Correlation between Exercise Stress Test and Echocardiographic Parameters in Elderly Individuals. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 32(1), 19-27. <https://doi.org/10.5935/2359-4802.20180085>
41. Lai, S., Kaykha, A., Yamazaki, T., Goldstein, M., Spin, J. M., Myers, J., & Froelicher, V. F. (2004). Treadmill scores in elderly men. *Journal of the American College of Cardiology*, 43(4), 606–615. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2003.07.051>

Anexos

Anexo 1: Componentes del gráfico de caja (Box Plot)

