

Resonancia magnética cardiaca: medidas lineales y volumétricas en adultos sanos

Clínica Universitaria Colombia. Marzo a Noviembre de 2015

AUTORES

Fabian Mauricio Heredia Sánchez
Andrés Cabezas

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Clínica Universitaria Colombia
Fundación Universitaria Sanitas
Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario
Universidad CES

Santafé de Bogotá
Noviembre 2015

Tabla de contenidos

Ficha técnica	6
Nota de salvedad de responsabilidad institucional	7
Página de agradecimiento	8
Página de dedicatoria	9
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Marco Teórico	15
Justificación	23
Planteamiento del problema y pregunta de investigación	25
Objetivos	26
Metodología	27
Análisis estadístico	31
Aspectos éticos	32
Resultados	34
Discusión	96

Conclusiones	99
Referencias bibliográficas	111
Lista de abreviaturas utilizadas	118

Lista de tablas

Tabla 1. Medidas de ventrículo izquierdo en ambos sexos	100
Tabla 2. Medidas de ventrículo derecho en ambos sexos	101
Tabla 3. Medidas de aurícula izquierda en ambos sexos	102
Tabla 4. Medidas de aurícula derecha en ambos sexos	102
Tabla 5. Medidas de grandes vasos supracardiacos en ambos sexos	103
Tabla 6. Medidas de ventrículo izquierdo en sexo femenino	103
Tabla 7. Medidas de ventrículo izquierdo en sexo masculino	105
Tabla 8. Medidas de ventrículo derecho en sexo femenino	106
Tabla 9. Medidas de ventrículo derecho en sexo masculino	107
Tabla 10. Medidas de aurícula izquierda en sexo femenino	107
Tabla 11. Medidas de aurícula izquierda en sexo masculino	108
Tabla 12. Medidas de aurícula derecha en sexo femenino	108
Tabla 13. Medidas de aurícula derecha en sexo masculino	109

Tabla 14. Medidas de grandes vasos supracardiacos en sexo femenino 109

Tabla 15. Medidas de grandes vasos supracardiacos en sexo masculino 110

Lista de anexos

Anexo 1. Carta de aprobación del Comité de Ética de Unisanitas 119

Anexo 2. Encuesta de enrolamiento de estado de salud 120

Anexo 3. Consentimiento informado 124

Anexo 4. Sistema Cardiac VX (General Electric Healthcare) 127

Ficha técnica

Autores

Dr. Fabian Mauricio Heredia Sánchez
Estudiante Epidemiología - Universidad del Rosario - CES
Médico y Cirujano - Universidad Nacional de Colombia
Médico Radiólogo – Universidad del Rosario
Docente Adscrito – Fundación Universitaria Sanitas
Médico Radiólogo, Imagen Corporal especialista en Imagen Cardíaca – Clínica
Universitaria Colombia
Teléfono: +57 313 2970525
e-mail: fab_heredia@hotmail.com

Dr. Andrés Mauricio Cabezas
Residente de tercer año – Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas
Fundación Universitaria Sanitas
Movil: 3017825319.
E-mail: amcd_7@hotmail.com

Asesor estadístico

Dr. Carlos Trillos
Universidad del Rosario

Instituciones Participantes

Clínica Universitaria Colombia
Calle 23 # 66 – 46
Bogotá, Colombia

Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario
Calle 12C No. 6-25, Bogotá D.C.
<http://www.urosario.edu.co/>

Universidad CES
Calle 10 A # 22 – 04, Medellín
<http://www.ces.edu.co/>

Salvedad de responsabilidad institucional

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

Página de agradecimiento

A los directivos de la Clínica Universitaria Colombia, en especial, a los Doctores Carlos Alvarez y Martha González, quienes como Gerente y Jefe del Departamento de Radiología respectivamente hicieron posible la realización de ésta primera fase del estudio con la aprobación y consecución del tiempo necesario para la utilización del equipo de resonancia magnética.

Página de dedicatoria

A mi amada esposa Paola, quien siempre me ha brindado amor, tranquilidad y compañía, importantes para llevar a cabo todos mis proyectos. Espero que todas nuestras ideas las cumplamos. Le agradezco haberme dado el regalo más bello que he tenido, a mi pequeño hijo Jacobo, quien con solo mirarlo llena cada momento de mi existencia.

A mi madre Marina, quien sin duda ha sido el ejemplo más importante para mí y mis hermanos, con quienes hemos tenido una vida de dedicación a nuestras familias, así como ella lo hizo con nosotros. Nunca tendremos como pagarle por darnos tantas enseñanzas con su ejemplo.

A mi hermosa prima-hija Hanna, de quien espero aproveche cada momento de su vida para hacer lo que sienta con cariño, gusto y pasión, y que el resultado sea su felicidad.

Introducción: La gran mayoría de las medidas de normalidad utilizadas para la interpretación de resonancia cardíaca son extrapoladas de las medidas de ecocardiografía. Los limitados registros de medidas de normalidad se encuentran ajustados en poblaciones extranjeras, no hay registros en latinoamericanos.

Objetivo: Determinar las dimensiones cardíacas utilizando resonancia magnética en una población de personas sin antecedente médicos con repercusión cardíaca para lograr una muestra de valores que permitan ajustar las medidas de normalidad utilizadas por nuestro servicio.

Materiales y métodos: se analizaron 45 sujetos sanos con edad comprendida entre los 21 y 45 años, las adquisiciones se realizaron utilizando un equipo de RM de 1,5 teslas, el análisis de las imágenes se realizó mediante el programa Cardiac Volume Vx. Se evaluaron múltiples parámetros morfofuncionales a través de análisis estadístico por medio del sistema SPSS versión 23.

Resultados: Mediciones obtenidas de ventrículo izquierdo principales fueron volumen diastólico en mujeres de 62 ml +/- 7.1 y en hombres de 65 ml +/- 11.2 y fracción de eyección de 60 % +/- 5 en mujeres y de 62 % +/- 9 en hombres.

En ventrículo derecho el volumen diastólico final se encontró 81.8 ml +/- 14.6 en mujeres y 100 ml +/- 24.8 en hombres y fracción de eyección de 53 % +/- 17 en mujeres y de 45 % +/- 12 en hombres.

Volumen de fin de diástole de 50 +/- 12.7 ml en mujeres y de 49 ml +/- 19 ml en hombres y fracción de eyección de aurícula izquierda de 55 % +/- 0.08 en mujeres y de 50 % +/- 0.07 en hombres.

Volumen de fin de diástole de 44.1 ml +/- 18.5 en mujeres y de 49.2 ml +/- 22.9 en hombres y fracción de eyección de aurícula derecha de 50 % +/- 11 en mujeres y de 45 % +/- 8 en hombres.

Se obtuvieron otras medidas lineales y volumétricas adicionales de cavidades cardíacas y de grandes vasos supracardiacos.

Conclusiones: se describen los valores de referencia de los parámetros morfofuncionales de las cavidades cardíacas y de vasos supracardiacos.

El sexo fue tenido en cuenta como covariable relacionada con la modificación de los parámetros evaluados.

Se sugieren variaciones en las medidas de cavidades cardíacas para la población estudiada relacionada con aclimatación crónica a la altitud de la ciudad de Bogotá.

Palabras clave

Palabras clave: resonancia cardíaca, rangos esperados, medidas lineales y volumétricas.

Introduction: The vast majority of measures normally used for the interpretation of cardiac magnetic resonance are extrapolated measures echocardiography. Limited records of the normal measures are adjusted foreign populations, there are no records in Latin America.

To determine the dimensions using cardiac magnetic resonance in a population of people without medical background with heart impact to achieve a sample set of values that allow normal measures used by our service.

Methods: 45 healthy subjects aged between 21 and 45 years were analyzed, acquisitions were made using a team of RM 1.5 tesla, the image analysis was performed using the Cardiac Volume Vx program. Multiple morphological and functional parameters were evaluated by statistical analysis using the SPSS version 23 system.

Results: Measurements obtained were major left ventricular diastolic volume in women aged 62 +/- 7.1 ml and 65 ml in men and 11.2 +/- ejection fraction of 60% +/- 5 women and 62% +/- 9 in men.

Right ventricular end diastolic volume was 81.8 +/- 14.6 ml found in women and 100 +/- 24.8 ml in men and ejection fraction of 53% +/- 17 women and 45% +/- 12 men.

End-diastolic volume of 50 +/- 12.7 ml in men and 49 ml +/- 19 ml in men and ejection fraction of left atrium of 55% +/- 0.08 in women and 0.07 in +/- 50% men.

End-diastolic volume of 18.5 +/- 44.1 ml in women and 22.9 +/- 49.2 ml in men and ejection fraction of the right atrium of 50% +/- 11 women and 45% +/- 8 men .

Additional linear and volumetric measurements of cardiac cavities and large vessels supracardiacos obtained.

Conclusions: the reference values of the morphological and functional parameters of the heart chambers and vessels supracardiacos described.

Sex was taken into account as a covariate associated with the modification of the parameters evaluated.

Suggested changes in measures of cardiac cavities for the population studied related chronic altitude acclimatization Bogota.

TÉRMINOS MeSH: Cardiac MRI, Cardiac resonance, expected ranges, lineal and volumetric measurements.

Introducción

La resonancia magnética cardiaca es una técnica de imagen novedosa que ha tenido importante desarrollo en la última década para el estudio de pacientes cardiopatas (1). Uno de los componentes más importantes del estudio de resonancia magnética cardiaca es la valoración funcional que se realiza obteniendo mediciones lineales y volumétricas (2). El alto grado de confiabilidad y de reproducibilidad de estas medidas han llevado a proponer a la resonancia magnética cardiaca como el Gold estándar en la valoración funcional y morfológica del corazón. (2, 3, 4).

Los equipos de resonancia magnética han mejorado en forma sustancial ampliando su utilidad en diferentes campos de la medicina, esto ha permitido su utilidad en el diagnóstico de la patología cardiovascular (5).

Las medidas que se toman como estándar de referencia son tomadas de las obtenidas principalmente en ecocardiografía (6). Hay incertidumbre en los rangos de normalidad que se deben utilizar para los estudios por resonancia magnética (7). Establecer la influencia del sexo, la edad y el índice de masa corporal del sujeto analizado en las medidas cardiacas es la nueva meta y el escalón faltante de la resonancia cardiaca diagnóstica para posicionarse como la herramienta más sensible y específica disponible (7).

Existen estudios que documentan los resultados de mediciones de corazón en resonancia magnética con una buena reproducibilidad al comparar con otros estudios de imágenes con baja variación intra e interobservador, sin embargo dichas afirmaciones no han sido resultado de evaluaciones sistemáticas (8).

Por ser la resonancia magnética un método de imagen de aplicación novedosa en nuestro país estas medidas son comparadas con aquellas obtenidas en estudios realizados principalmente en cohortes europeas (10).

Las características fisionómicas de la población Anglosajona y Europea difieren de las de la población latinoamericana principalmente por las características antropométricas, de forma puntual en relación con un colombiano promedio.

De igual forma la incidencia de ciertas patologías como la hipertensión arterial, la arterioesclerosis y la enfermedad coronaria isquémica aguda varía en ambas poblaciones (4).

El conocimiento de la anatomía normal es un requisito indispensable para interpretar los hallazgos del corazón patológico (8, 9, 4).

Las medidas cuantitativas de normalidad proveen un buen punto de partida para el análisis de los pacientes con sospecha de patología cardíaca puesto que casi de forma invariable todas alteran las dimensiones cardíacas o bien sus volúmenes, por lo cual una resonancia cardíaca en un paciente patológico puede ser definitiva en conceptualizar no solo el diagnóstico, también en comprender las repercusiones hemodinámicas de la misma (8,9).

En la Clínica Colombia se cuenta con el apoyo de un sistema de procesamiento de imágenes el cual nos brinda la posibilidad técnica de tomar las medidas y de almacenarlas en un archivo permanente. Aprovechando los recursos y la oportunidad que tenemos de utilizar el resonador para este fin, nosotros hemos querido realizar este proyecto de investigación en el cual nuestro objetivo principal es reclutar personas sin antecedentes patológicos para empezar a crear un banco de datos que nos ofrezca medidas de normalidad ajustadas a la población latinoamericana.

Marco teórico

Indicaciones de la resonancia magnética cardiaca

La resonancia magnética cardiaca es una maravillosa técnica para evaluar pacientes con cardiopatía. Muchos exámenes son realizados en 30 minutos sin usar radiación ionizante (9).

Algunas de las indicaciones más usuales para el uso de esta técnica son:

- Cuantificación de función ventricular derecha e izquierda: Cardiomiopatías, falla cardiaca, displasia arritmogénica del ventrículo derecho e hipertensión pulmonar (3).
- Definición de anatomía cardiaca: Pericarditis constrictiva, neoplasia o trombos cardiacos, enfermedad cardiaca congénita, demostrar la presencia de un foramen oval patente.
- Perfusión miocárdica: por sospecha de enfermedad isquémica cardiaca.
- Cuantificación del flujo miocárdico: enfermedad valvular (insuficiencia aórtica, regurgitación mitral, estenosis aórtica, etc), shunts (CIA, CIV, ductus arterioso, retorno venoso anómalo de venas pulmonares).
- Viabilidad miocárdica: evaluación de cicatriz miocárdica, identificar miocardio hibernante antes de revascularización, diferenciar cardiomiopatías de miocarditis antiguas.
- Angioresonancia para estudio de anomalías coronarias.
- Valoración de estructuras extracardiacas: la RM es útil para evaluar estructuras que se encuentran por fuera del alcance de la ventana acústica, incluyendo las venas pulmonares, la aorta (principalmente el arco aórtico, sus ramas y la aorta descendente) y las arterias pulmonares (4).
- Valoración y caracterización de la patología pericárdica. Con la ecocardiografía frecuentemente hay restricciones en la ventana acústica que impiden la valoración adecuada del pericardio. La presencia de colecciones pericárdicas localizadas, localizadas en sitios poco accesibles (posteriores o muy anteriores) pueden ser difíciles de identificar. La EC transtorácica tiene poca sensibilidad para detectar áreas

de engrosamiento pericárdico asociadas con pericarditis constrictiva. Así mismo, permite mejor cuantificación del derrame pericárdico (5).

- Limitación en la definición de los volúmenes y la fracción de eyección del ventrículo derecho. Esta información es fundamental para el manejo de pacientes con hipertensión pulmonar y EPOC y algunas malformaciones congénitas de las cavidades cardiacas derechas. La particular morfología asimétrica del ventrículo derecho dificulta el cálculo cuantitativo preciso de los volúmenes y la fracción de eyección por EC a través de las fórmulas que usualmente se utilizan para el ventrículo izquierdo, las cuales utilizan supuestos geométricos. Aunque en algunas publicaciones se recomienda la EC 3D para evaluar la función sistólica del VD, los resultados son aún limitados y al parecer se subestiman los volúmenes por EC 3D en comparación con la RMC. Por EC se suele valorar de manera cualitativa la función sistólica del VD a través de medidas unidimensionales en modo M como el TAPSE (excursión sistólica del plano del anillo valvular tricuspídeo), lo cual no es suficiente para tomar decisiones terapéuticas (6).
- Cardiomiopatía hipertrófica asimétrica (CHA). Se puede valorar la totalidad del miocardio del VI valorando mejor algunos tipos de cardiopatía hipertrófica como las variedades apical y asimétrica anterolateral (7,8).
- Consideraciones especiales para ciertos pacientes:
 - o Candidatos con mala ventana acústica para ecocardiografía, como puede ocurrir en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), obesidad, individuos con deformidades torácicas (p. ej. Pectum excavatum), pacientes en unidad de cuidados intensivos, localización del corazón por fuera de la ventana acústica o pacientes con cirugía reciente del tórax (3).
 - o Obesos, glándulas mamarias grandes y mujeres de talla pequeña que son malos candidatos para estudio de medicina nuclear.
 - o Rechazo de pruebas invasivas como ecocardiogramas transesofágicos o cateterismos.
 - o Búsqueda de diagnósticos con múltiples pruebas diagnósticas.

El avance en las técnicas quirúrgicas, la aproximación clínica rigurosa de los pacientes con patologías cardiovasculares y las nuevas tendencias en el manejo médico y

especialmente quirúrgico de patologías antes consideradas intratables han abierto una brecha para que las nuevas técnicas de diagnóstico cobren mayor importancia en el enfoque integral de los pacientes, sin embargo, esta situación supone para los métodos diagnósticos una disyuntiva en la cual su utilidad está sujeta a sus características operativas, siendo más útiles mientras su capacidad diagnóstica sea superior.

Los valores de medidas utilizados para el diagnóstico y el seguimiento de patologías cardiovasculares tradicionalmente han sido fruto de la extrapolación de consensos de medidas de ecocardiografía obtenidas en pequeñas cohortes de población norte americana en los años de 1970s – 80s las cuales no representan de forma fidedigna a la población mundial (1) y en menor medida a la población latinoamericana teniendo en cuenta las diferencias sociodemográficas y anatómicas.

La resonancia magnética cardiaca aporta múltiples datos de funcionalidad y dimensionalidad del corazón, con importantes características operativas como su alta reproducibilidad y confiabilidad (89), las medidas de la aurícula izquierda por ejemplo representan la integración del rendimiento diastólico del ventrículo derecho y se considera un indicador fiable de la duración y la gravedad de la disfunción diastólica proporcionando información pronóstica tanto en población general como en pacientes con falla cardiaca (10, 4) infarto agudo al miocardio (11, 12), y cardiomiopatías (9, 13).

Las indicaciones para la utilización de resonancia magnética son diversas, incluyen enfermedades adquiridas como caracterización de masas cardiacas, enfermedad isquémica e infarto, viabilidad miocárdica post isquemia, enfermedad coronaria arterial, enfermedad valvular, compromiso pericárdico, función dinámica y anatomía ventricular y enfermedades congénitas como shunts, anomalías anatómicas complejas, anomalías pericárdicas, anomalías valvulares y alteraciones anatómicas de las arterias coronarias (14, 15).

Contraindicaciones de la resonancia magnética

Contraindicaciones relativas en su utilización incluyen la presencia de partículas metálicas en el cerebro como clips quirúrgicos y coils para embolización de aneurismas,

algunos pacientes con cardiodesfibriladores y marcapasos implantables requerirán una resincronización posterior.

El embarazo no es una contraindicación (16, 17).

Los efectos de la respiración, del movimiento cardíaco y del flujo sanguíneo con la sístole y la diástole pueden alterar la calidad de las imágenes, los efectos pueden ser mitigados utilizando gatillado cardíaco y respiratorio, técnicas de apnea y secuencias de gradientes de alto desempeño que disminuyen las inhomogeneidades del campo (18).

La seguridad de la resonancia magnética ha sido evaluada en múltiples ocasiones, los efectos biológicos generados por campos magnéticos estáticos de 1.5 y 3 Tesla son eventuales y están relacionados con tinnitus, náusea e incomodidades físicas relacionadas con los periodos de adquisición muy prolongados que requieren posiciones particulares (19).

Secuencias y técnica de resonancia magnética cardíaca

Las adquisiciones son programadas en secuencias fast spin-echo (FSE), gradient echo (GRE), steady-state free precession (SSFP), echo-planar imaging (EPI). Se aplican modificadores de secuencias según los diferentes protocolos que consisten en supresión grasa, inversión de prepulso, saturación de prepulso e imágenes paralelas (20).

Las secuencias que utilizamos son secuencias en sangre negra las cuales son secuencias de baja señal y son utilizadas para delinear estructuras anatómicas, tradicionalmente secuencias spin-echo (SE) y Fast Spin Echo (FSE), secuencias de rápida velocidad de adquisición que consisten en pulsos de radiofrecuencia con ángulos de 90° y 180° seguidos de adquisiciones de 1 o 2 señales. Especial cuidado requiere el flujo lento intravascular que puede generar artificios y alterar los parámetros de medición. Las secuencias en sangre blanca son secuencias con alta intensidad de señal con alta velocidad de flujo, utilizan secuencias gradient echo (GRE) y algunas secuencias que surgen en los últimos años que aumentan la velocidad de adquisición, dichas secuencias son producidas emitiendo un pulso de radiofrecuencia de menos de 90° seguido de un gradiente reverso (21, 22, 23, 24).

Las secuencias contrastadas tienen especial utilidad en los estudios de viabilidad miocárdica en donde se evalúa especialmente el fenómeno de realce tardío donde con secuencias eco gradiente con inversión de la recuperación luego de 10 minutos de la inyección de gadolinio endovenoso se identifican las áreas de infarto y el tejido fibroso que reemplaza los miocitos luego de un proceso de necrosis. Las secuencias contrastadas por medio de proyecciones en máxima intensidad de señal son útiles también para la evaluación de las características morfológicas de las arterias coronarias (21).

Planos cardiacos

Los sistemas de coordinación usados para las adquisiciones de resonancia magnética se realizan de acuerdo a planos cardiacos definidos por convención. La orientación es ortogonal al eje largo del cuerpo y se conoce como “scout” permite una valoración en sagital y coronal rápida del corazón, se identificaran las cuatro cámaras del corazón, la disposición del pericardio y de los grandes vasos, en las diferentes secuencias (21, 22).

Los planos estándar incluyen un eje corto, eje largo horizontal (cuatro cámaras), eje largo vertical (dos cámaras). El eje largo se extiende del ápex cardiaco al centro de la válvula mitral, el eje corto se extiende perpendicular al eje largo del corazón a la altura de la mitad del ventrículo, los planos oblicuos o “tres puntos” son utilizados a criterio del radiólogo de acuerdo al hallazgo que quiera caracterizar de una mejor forma (21, 22).

Variaciones en las medidas lineales y volumétricas en resonancia magnética cardiaca

La utilidad de la resonancia sin embargo, está limitada por una de sus mayores cualidades y es su importante resolución espacial ya que su capacidad de caracterizar los pequeños detalles de las estructuras anatómicas ha conducido a esta modalidad a ser el patrón de oro en la evaluación de múltiples parámetros en el paciente con patología cardiovascular, de manera pues que el estudio en mención tiene extensas aplicaciones en la clínica actual. Las medidas de normalización han sido estandarizadas con estudios de

población anglosajona y europea que por sus características fisionómicas distan de las medidas normales para la población colombiana, siendo sus conclusiones fruto de muestras pequeñas que no son representativas (25, 26, 27).

Las afirmaciones anteriores están bien sustentadas en el trabajo realizado por Maceira y cols en el cual demostraron con un excelente nivel de confiabilidad en una muestra de 120 pacientes que las medidas de normalidad varían con el género, la edad y la superficie corporal, también concluyeron que el valor pronóstico de la resonancia cardiaca era mayor conforme aumentara la cantidad de medidas de normalidad de comparación con relación al sujeto de estudio (28, 29).

Cuantificación de mecánica cardiaca

En la práctica clínica corriente, imágenes en secuencias cine steady-state free precession (SSFP) son las más usadas para evaluación cualitativa y cuantitativa de la función ventricular. Análisis volumétricos de imágenes SSFP, usualmente obtenidas en el eje corto, permiten cuantificación de volúmenes ventriculares y fracciones de eyección. Además, función regional puede ser cuantificada por medición del engrosamiento sistólico (19).

Planimetría de cuatro cámaras es realizada con delineación manual del endocardio en una vista convencional de cuatro cámaras (idealmente en el nivel del septum membranoso) obtenida con una secuencia cine (p. ej. SSFP balanceada). El método volumétrico de Simpson está basado en suma de áreas. Esto requiere adquisición y delineación de contornos en secciones del eje corto desde la base de las aurículas hasta el ápex cardiaco (30).

Todas las medidas de volumen efectuadas en cada una de las cavidades cardiacas (aurículas y ventrículos) se deben hacer con delineación manual del endocardio en diástole y sístole en el programa de manejo de imágenes.

Las medidas lineales de las cavidades se realizan en diástole que es en el momento de la fase del ciclo que tienen su mayor distensibilidad.

Software Cardiac VX (General Electric Healthcare)

A continuación se presentan las características del programa de procesamiento de imágenes Cardiac VX que reporta la casa fabricante (31).

La opción Cardiac VX de GE para imágenes de resonancia magnética es una herramienta de software analítico, que proporciona herramientas reproducibles para revisar y crear informes de imágenes médicas. Cardiac VX puede importar imágenes médicas de un sistema de RM y permite visualizarlas en el área de visualización de la pantalla del ordenador (Anexo 3). El área de visualización proporciona acceso a varios estudios y series de imágenes de varios cortes y fases. Las secuencias de imágenes de varias fases pueden visualizarse en modo de cine.

Herramientas de medidas en el reporte de interface incluyen: puntos, distancia, área y medidas de volumen (incluyendo fracción de eyección, gasto cardiaco, volumen de fin de diástole, volumen de fin de sístole y medidas de volumen de flujo).

Resumen de las pruebas no clínicas: VX cardiaca cumple con las normas voluntarias, incluyendo las siguientes normas de proceso: ISO 13485, ISO 14971 e IEC 62304.

Debido a que es una aplicación de software que sólo se ejecuta en la estación de trabajo Advantage, no existen normas de rendimiento obligatorias aplicables.

Las siguientes medidas de garantía de calidad se aplicaron al desarrollo del sistema: análisis de riesgos, requisitos de comentarios, revisiones de diseño, pruebas de nivel de la unidad (verificación módulo), sistema de integración (comprobación del sistema), pruebas de rendimiento (verificación), pruebas de seguridad (verificación), pruebas de uso simulado (validación).

Resumen de los ensayos clínicos: El MR adquirió imágenes clínicas que fueron utilizados para la realización de las pruebas de verificación y validación de Cardiac VX se obtuvo de las instalaciones de GE Healthcare en virtud de las disposiciones de una investigación de riesgo no significativo para el uso en voluntarios internos. Además, MR de

múltiples proveedores imágenes mejora se obtuvieron de un estudio de investigación clínica de terceros.

GE Healthcare considera la aplicación cardíaca VX sea tan seguro, tan eficaz, y el rendimiento es sustancialmente equivalente a sus programas anteriores

Efecto de la altitud en el sistema cardíaco

. El factor limitante de la altura es la disminución progresiva de la presión parcial de oxígeno. La densidad del aire disminuye al subir desde el nivel del mar, ya que allí es de 760 mm Hg mientras que a 3048 msnm es de 510 mm Hg y alrededor de 5000 es la mitad. Pero lo importante de esto es que la presión de oxígeno también disminuye, así al nivel del mar es, como promedio, de 150 mm Hg, pero a 3048 msnm es de 107 mm Hg. A nivel alveolar esta presión parcial de oxígeno también se reduce, pasando de 100 mm Hg a nivel del mar a 78 mm Hg a 2000 msnm y a 38 mm Hg a 5500 msnm. Estos cambios fisiológicos producen que numerosas poblaciones que viven en alturas mayores que otras comienzan su aclimatación desde la infancia.

Las dimensiones del tórax están particularmente aumentadas y su volumen corporal algo disminuido, con lo que hay una gran proporción entre capacidad de ventilación y masa corporal.

Su corazón derecho proporciona una presión pulmonar arterial elevada para impulsar sangre a través de un sistema capilar dilatado.

El aporte de oxígeno de la sangre a los tejidos también está muy facilitado ya que poseen mayor cantidad de oxígeno a menor presión del mismo en la sangre dado por una mayor cantidad de hemoglobina.

Con la hipoxia se desarrolla una elevación de la presión arterial pulmonar. Esto es como consecuencia de un mecanismo de estabilización de la presión arterial de oxígeno mediante la vasoconstricción de la musculatura arteriolar pulmonar (32).

Justificación

La obtención de medidas de normalidad de la anatomía cardíaca por resonancia magnética es una iniciativa que busca llenar el vacío en el conocimiento que existe sobre las medidas de normalidad acerca de las cuales no tenemos patrones definidos en la población local (5).

El conocimiento de la anatomía normal es un requisito indispensable para interpretar los hallazgos del corazón patológico (4,11).

Las medidas cuantitativas de normalidad son indispensables para tener un punto de corte sobre cual paciente tiene una patología o las manifestaciones tempranas de estas las cuales son evidentes gracias a los cambios hemodinámicos que estas producen, una resonancia cardíaca es el un argumento valioso para una decisión quirúrgica o médica, puede ser definitiva para un diagnóstico adecuado y para implementar una decisión terapéutica siempre y cuando se tenga como definir que sus hallazgos son patológicos. (4, 8, 11).

La importancia del estudio radica en la poca reproducibilidad que las medidas volumétricas y lineales obtenidas con otros métodos tienen comparadas con las obtenidas por resonancia, de igual forma, estos parámetros varían conforme la edad de los pacientes aumenta, hallazgo más marcado cuando se realiza comparación por género (4, 11,12).

La resonancia magnética también permite tener un punto de partida sobre la condición del tejido cardíaco la cual es aparente en las adquisiciones en tiempos de T1 y T2 y en sus diferentes variedades, brindando una valoración objetiva que es valiosa en la estadificación de la enfermedad, el monitoreo y la evaluación de la respuesta a las estrategias terapéuticas (8).

Las muestras de pacientes que han buscado responder la pregunta de investigación que nosotros planteamos han sido con pocos sujetos, por lo cual buscamos llegar a los rangos más ajustados a nuestra población precisamente apoyándonos en sujetos sanos de nuestro medio.

En la Clínica Colombia se cuenta con el apoyo de un sistema de procesamiento de imágenes el cual nos brinda la posibilidad técnica de tomar las medidas y de almacenarlas en un archivo permanente.

Aprovechando los recursos y la oportunidad que tenemos de utilizar el resonador para este fin, nosotros hemos querido realizar este proyecto de investigación en el cual nuestro objetivo principal es reclutar personas sin antecedentes patológicos para empezar a crear un banco de datos que nos ofrezca medidas de normalidad ajustadas a la población latinoamericana.

Tomando los argumentos ya expuestos en consideración el objetivo de este estudio es proveer unos valores normales de referencia de las características morfológicas y funcionales del corazón en estudios de resonancia magnética basados en una revisión sistemática de la literatura.

Los resultados de nuestro estudio serán difundidos por medio de un artículo en una revista científica, póster y congresos, buscando ampliar el conocimiento a nivel local y siendo la base para estudios en el futuro.

Planteamiento del problema y pregunta de investigación

La resonancia magnética cardiaca es una técnica de imagen novedosa que ha tenido importante desarrollo en la última década para el estudio de pacientes cardiopatas (1). Uno de los componentes más importantes del estudio de resonancia magnética cardiaca es la valoración funcional que se realiza obteniendo mediciones lineales y volumétricas.

Existen estudios que documentan los resultados de mediciones de corazón en resonancia magnética con una buena reproducibilidad al comparar con otros estudios de imágenes con baja variación intra e interobservador. Las medidas que se toman como estándar de referencia son tomadas de las obtenidas principalmente en ecocardiografía.

Por ser la resonancia magnética un método de imagen de aplicación novedosa en nuestro país estas medidas son comparadas con aquellas obtenidas en estudios realizados principalmente en Estados Unidos y países europeos.

Las características fisionómicas de la población Anglosajona y Europea difieren en una medida importante de las de la población latinoamericana, de forma puntual en relación con un colombiano promedio. De igual forma la incidencia de ciertas patologías como la hipertensión arterial, la arterioesclerosis y la enfermedad coronaria isquémica aguda varía en ambas poblaciones.

El campo de evaluación es amplio y poco explorado, en especial en nuestra población. Los hallazgos pueden ser innumerables puesto que existe una importante tasa de variación en las medidas, hallazgo ya conocido en ecocardiografía.

Por lo tanto, el presente proyecto pretende responder las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las medidas lineales y volumétricas del corazón en resonancia magnética de personas sanas desde el punto de vista cardiovascular?

¿Cuáles son las medidas lineales de los grandes vasos supraaórticos de personas sanas de punto cardiovascular?

Objetivos

- **Objetivo general**

Determinar las dimensiones cardiacas utilizando resonancia magnética en una población de residentes en Bogotá sin repercusiones patológicas sobre la anatomía cardiaca

- **Objetivos específicos**

- Obtener de medidas lineales de aurículas y ventrículos en personas sanas.
- Obtención de medidas volumétricas de aurículas y ventrículos en personas sanas.
- Cuantificación de medidas lineales de grandes vasos supracardiacos.
- Describir la población de estudio. Comparar las medidas de cavidades cardiacas lineales y volumétricas y de grandes vasos supracardiacos según el sexo.

Metodología

Sujetos

Se invitaron a participar 150 sujetos por medio de un sistema online de información, en todos se revisaron los antecedentes clínicos y las comorbilidades (Anexo 2). Para esta primera etapa se eligieron 45 sujetos sanos los cuales llenaban completamente los criterios de inclusión y tuvieron la voluntad de participar en el estudio, todos carecían de antecedentes de enfermedad cardiaca, estaban asintomáticos y tenían un estilo de vida saludable.

Metodología

- **Diseño**

Estudio observacional descriptivo realizado en adultos sanos en Clínica Universitaria Colombia quienes aceptaron la inclusión en el estudio mediante firma del consentimiento informado.

- **Procedimiento**

El estudio se llevó a cabo en la Clínica Universitaria Colombia, en el área de radiología e imágenes diagnósticas. El análisis de las imágenes adquiridas se realizó en las salas de lectura de la misma clínica, de igual forma la tabulación y los análisis estadísticos. El tiempo para realizar la resonancia fue asignado según la disponibilidad del resonador. Se destinaron aproximadamente 40 minutos diarios para dos sujetos sanos por un periodo de aproximadamente cuatro meses para obtener la muestra deseada. El estudio se realizó en esta etapa inicial entre los meses de Abril a Octubre de 2015.

Criterios de inclusión

- Pacientes adultos con edad superior a 18 años y no mayor de 50 años.

- Voluntad expresa de participar en el estudio manifestada con la firma del consentimiento informado.
- Diligenciamiento de la encuesta de enrolamiento.

Criterios de exclusión

- Hallazgos incidentales que hagan parte de cualquier espectro patológico o cualquier alteración contemplada en la clasificación de Van Praagh.
- Antecedentes quirúrgicos o patológicos manifestados en la encuesta de enrolamiento.
- Defectos por factores electrotécnicos propios de las imágenes por resonancia magnética.

Población blanco

Pacientes sanos, adultos, sin comorbilidades que modifiquen las características morfológicas del sistema cardiovascular central en la altura de Bogotá (2600 msnm).

Población accesible

Sujetos sanos, adultos, sin comorbilidades que modifiquen las características morfológicas del sistema cardiovascular central que aceptaron participar en el estudio que laboran o estudian en la clínica Colombia

Población a estudio

Serán objeto de estudio las imágenes en resonancia de pacientes sanos obtenidos en un resonador de 1.5 Tesla.

Los sujetos sanos de acuerdo a la encuesta de enrolamiento y sin antecedentes quirúrgicos o patológicos que pudieron alterar la morfología cardíaca, que tuvieron la voluntad de

participar en el estudio y que diligenciaron la encuesta de enrolamiento y el consentimiento informado.

El procedimiento de obtención de los candidatos se realizó utilizando los medios de divulgación de la universidad invitando especialmente a los alumnos y empleados para que participaran en la investigación, de igual forma, se invitó a los participantes a que comunicasen la idea a amigos y familiares que estuvieron interesados en participar de forma libre. Se les entregó el enlace de la encuesta de enrolamiento y luego que se analizaron que los criterios de selección estuvieron completos se les puso en lista de espera de “sujetos aptos”. Se obtuvo una lista de 150 candidatos.

Posteriormente de la lista de los sujetos aptos se seleccionaron de forma aleatoria por una lista de Excel[®] una serie de candidatos que recibieron un correo electrónico que contenía una invitación para participar en el estudio con un resumen de las características del mismo y una explicación detallada del procedimiento dentro del resonador. Los sujetos aceptaron participar se les agendó que una cita para la resonancia en el área de imágenes de la clínica Colombia. Previo a esto se les entregó una copia del consentimiento informado, luego de que el voluntario entendió y conoció las características del estudio fué conducido al resonador.

Salida del estudio

Manifestación de la voluntad de no seguir siendo parte de los sujetos en el estudio o pérdida del contacto (telefónico o presencial) con el paciente que limitó la recolección de los datos.

Técnica de resonancia magnética

Por medio de un resonador General Electric de 1.5 Tesla se obtuvieron secuencias en sangre blanca en eje corto de dos cámaras y eje largo de cuatro cámaras con gatillado de respiración y gatillado electrocardiográfico.

De acuerdo a los protocolos que hemos establecido rutinariamente para la realización de resonancia magnética cardiaca el paciente fue ingresado al resonador previa firma del consentimiento informado y de habernos cerciorado del entendimiento completo de las características del estudio (Anexo 3).

Se posicionó al paciente en decúbito supino, se colocaron cuatro electrodos especiales para resonancia ubicados al lado derecho adyacente a la línea paraesternal a la altura del segundo y el quinto espacio intercostal y en el lado izquierdo en la línea axilar anterior adyacente al tercer y sexto arco costal, tuvimos especial cuidado de que los electrodos quedaran a una distancia de aproximada de un 1 cm del borde esternal y de la mama para evitar interferencia.

El resonador de forma automática sincroniza sus pulsos de radiofrecuencia con los vectores eléctricos cardiacos censados por los electrodos, esto permite una calidad óptima en las imágenes libre del artificio del movimiento, los pulsos fueron liberados luego del pico producido por la onda R.

El estudio continuó con la obtención de adquisiciones multiplanares del tórax (localizadores) en apnea y tras inspiración o espiración, sobre los localizadores multiplanares se planificaron los localizadores cardiacos específicos, los planos de adquisición fueron alineados por el tecnólogo de forma individual para cada corazón.

Las imágenes axiales puras muestran un corte oblicuo de los ventrículos derecho e izquierdo, la orientación del grupo de imágenes se encuentra paralela al tabique interventricular y a la válvula mitral produciendo un corte de dos cámaras, imágenes parasagittales producen cortes del ventrículo y la aurícula, combinando el localizador de dos cámaras con un corte trasversal medio ventricular se obtiene un corte de cuatro cámaras.

El plano de cuatro cámaras también se planificó en el eje corto tomando un plano perpendicular que corte la pared libre del ventrículo derecho y localizado anterior al musculo papilar del ventrículo izquierdo, el plano corta por la mitad las válvulas auriculoventriculares y el ápex cardiaco.

El plano de dos cámaras también fue realizado trazando un corte paralelo a los puntos de unión interventricular superior e inferior sobre la imagen axial que demostro el mayor diámetro en el ventrículo izquierdo. Este eje independientemente de su forma de adquisición fue alineado en el plano de cuatro cámaras pasando por el centro de la válvula mitral.

La cuantificación de los volúmenes auriculares se realizó en el momento de la finalización de la sístole ventricular en donde se encuentra más distendida la aurícula, se realizó una planimetría lineal donde se identificaron los bordes de la aurícula y por medio de una ecuación utilizando la regla de Simpson se calcularon los volúmenes auriculares.

Los tractos de salida fueron evaluados en el eje corto.

Análisis estadístico

Los datos fueron tomados directamente del sistema Cardiac Volume Vx 5434385 – 106 luego del cálculo de las cifras que realizó el sistema posterior a la medición de los parámetros que fueron estimados por el radiólogo experto en resonancia cardiaca, fueron llevados a una tabla de Excel[®] y al final fueron promediados y ajustados con ayuda del sistema estadístico SPSS versión 23 de licencia de la Universidad del Rosario.

La información recolectada se consignó en tablas de Excel para construir una base de datos, al final de la recolección de datos esta base fue objeto de verificación para corregir los errores de digitación, los archivos están respaldados en Google Drive y en una USB por cada investigador en la cual semanalmente se consignaron los datos nuevos.

A todos los datos obtenidos para las variables de estudio se les realizó pruebas de normalidad evidenciando distribución simétrica, excepto en las mediciones lineales de los Senos de Valsalva y arterias pulmonares derecha e izquierda.

Las variables continuas recolectadas fueron reportadas a través de medidas de tendencia central y dispersión según su distribución. Las variables discretas se describieron como frecuencias absolutas y porcentajes.

Los parámetros valorados se presentaron especialmente como media, desviación estándar y coeficientes de variación.

Las variables antes mencionadas que no tenían distribución simétrica fueron reportadas como mediana y rango.

Teniendo en cuenta la variabilidad de los datos se reportan percentiles.

Aspectos éticos

A todos los voluntarios sanos aceptados para ser parte del estudio se les explicó de manera suficiente en forma verbal el objetivo del estudio, teniendo en cuenta que son sujetos voluntarios que hacen parte de la Fundación Universitaria Sanitas o empleados de Clínica Universitaria Colombia. Las personas que atendieron el llamado para ser parte del estudio lo hicieron libremente sin implicaciones a su codición laboral o académica teniendo en cuenta la subordinación que tenían por ser empleados o estudiantes.

Después de la explicación verbal ofrecida por cualquiera de los dos investigadores y respondiendo cualquier duda acerca del estudio les fue enviado una encuesta de enrolamiento para evaluar criterios de inclusión y exclusión (Anexo 2).

Las personas devolvieron la encuesta por correo electrónico y fueron evaluadas sus respuestas por el investigador principal el cual admitió o no al sujeto para hacer parte del estudio.

En estas encuestas estuvo incluida la firma del consentimiento informado para hacer parte del estudio (Anexo 3).

Todos los pacientes invitados a participar diligenciaron con su encuesta un consentimiento informado en donde claramente se explicaron los fines y las características operativas del estudio. Antes de la firma del documento, el investigador principal y el co-investigador verificaron que el sujeto de estudio comprendió claramente lo consignado en el consentimiento informado.

Según lo consignado en la resolución 8430 de 1993 que dicta los lineamientos y las normas científicas, técnicas y administrativas para la intervención en salud, en su artículo 11 esta intervención se define como aquella que no ofrece riesgo alguno al sujeto objeto de investigación ya que el estudio solo contempla la toma de medidas por resonancia magnética y esta modalidad de imágenes no ofrece riesgos puesto que no utiliza radiación ionizante y no se utiliza medio de contraste.

Las identidades de los pacientes fueron modificadas por códigos pareados que pertenecen a la encuesta de enrolamiento y al set de imágenes pero en ningún momento se utilizó el

documento de identificación ni los nombres de los pacientes minimizando así las posibilidades de que se identifique de forma accidental a un sujeto y promoviendo la confidencialidad, siendo fieles a lo propuesto en las directrices de la ley de Habeas Data respetando los principios de finalidad, seguridad y confidencialidad de la información obtenida

El protocolo fue estudiado y aceptado por el Comité de Ética en Investigación de la Fundación Universitaria Sanitas (Anexo 1).

Resultados

Descripción del grupo de estudio

Todas las variables del estudio, excepto el sexo son cuantitativas. Se hicieron pruebas de normalidad y todas excepto las mediciones de los diámetros lineales de los Senos de Valsalva y de las arterias pulmonares derecha e izquierda cumplen una distribución normal.

45 sujetos con edad promedio de 28.8 años. De los 45 sujetos las mujeres tenían una edad media de 28.9 años, los hombres una edad media de 28.8 años, sin diferencias significativas entre los grupos.

Peso promedio de 64.06 kg (142.08 lb). Mujeres con promedio de 59.1 kg (131.1 lb) y hombres con 68 kg (150.8 lb).

Talla promedio para todo el grupo de 167.2 cms. Mujeres con promedio de 162.9 cms (64.1 pulgadas). Hombres con media de 170.7 cms (67.3 pulgadas).

Los datos de cuantificación de las variables analizadas se expresan en las tablas 1 a 15.

Los valores se dan como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Observando las tablas de resultados hay una importante variabilidad en los datos la cual se reduce cuando todas las medidas lineales y volumétricas se reportan de acuerdo al sexo.

Pared anterior del ventrículo izquierdo. (Figuras 1.a. y 1.b).

En el grupo total de 45 adultos sanos el espesor de la pared anterior del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 6.6 mm con una desviación estándar de +/- 1.6 mm.

Al comparar por sexo el promedio del espesor de la pared anterior del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 6.1 mm. En hombres fue de 7.1 mm. Desviación estándar de 1.6 mm en mujeres y 1,7 mm en hombres.

Coeficiente de variación de 25% en el grupo total, de 28% en mujeres y 21.9%.

El 80% de mujeres están en el rango de 3 a 7 mm de espesor y el mismo porcentaje de hombres de 5 a 9.4 mm.

Figura 1.a. Histograma de grosor de pared anterior del septum en mujeres (cms).

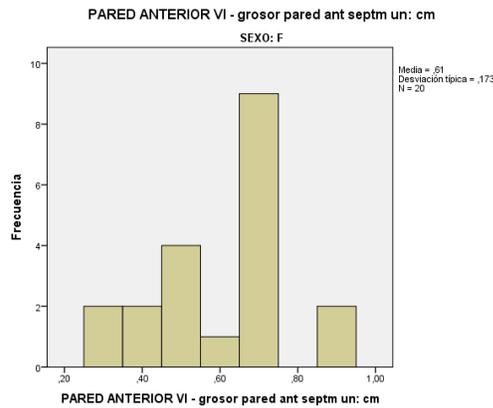
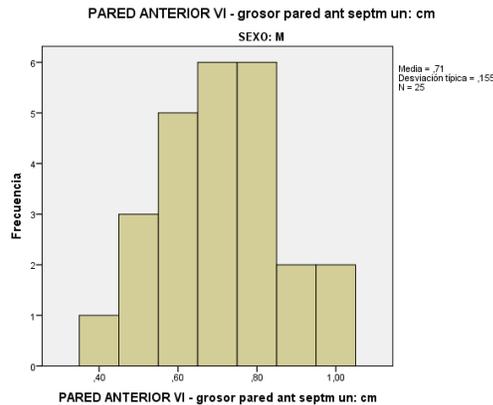


Figura 1.b. Histograma de grosor de pared anterior del septum en hombres (cms).



Pared posterior del ventrículo izquierdo. (Figuras 2.a. y 2.b).

En el grupo total de 45 adultos sanos el espesor de la pared posterior del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 6.2 mm con una desviación estándar de +/- 1.8 mm.

Al comparar por sexo el promedio del espesor de la pared posterior del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 5.5 mm. En hombres fue de 6.8 mm. Desviación estándar de 1.6 mm en mujeres y 1,8 mm en hombres.

El 80 % de las mujeres tienen un espesor en el rango de 4 a 8.7 mm y en los hombres en un rango de 5 a 10 mm.

Figura 2.a. Histograma de grosor de pared posterior del septum en mujeres (cms).

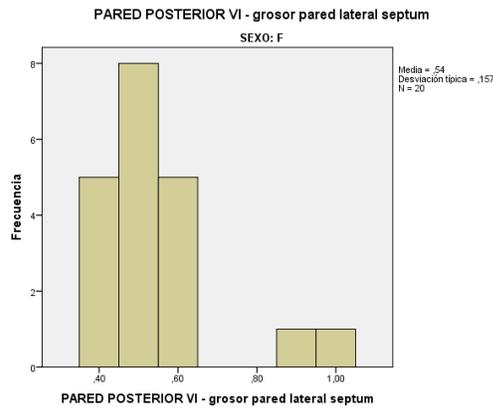
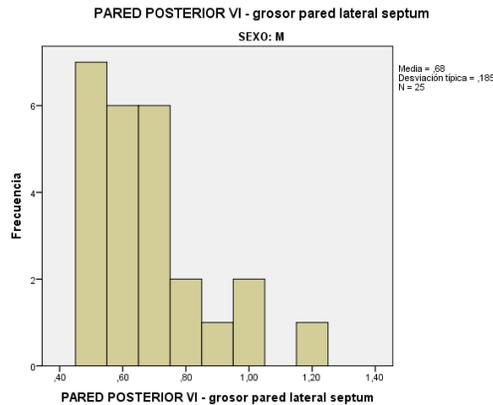


Figura 2.b. Histograma de grosor de pared posterior del septum en hombres (cms).



Septum ventricular. Figuras 3.a., 3.b. y 3.c.

En el grupo total de 45 adultos sanos el espesor de la pared del septum interventricular tuvo un promedio de 8.7 mm con una desviación estándar de +/- 2 mm.

Al comparar por sexo el promedio del espesor de la pared del septum interventricular en mujeres fue menor siendo de 8,6 mm. En hombres fue de 8.8 mm. Desviación estándar de 2.2 mm en mujeres y 1,8 mm en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos del espesor del septum interventricular en mujeres están entre 6.6 y 12.8 mm y en hombres entre 6.6 y 11.8 mm.

Figura 3.a. Gráfica de comparación de espesor del septum en hombres y mujeres.

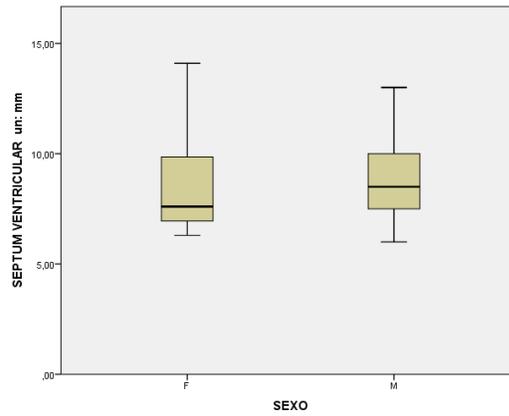


Figura 3.b. Histograma de espesor del septum ventricular en mujeres.

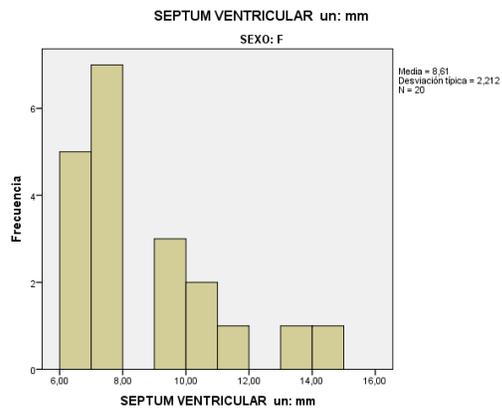
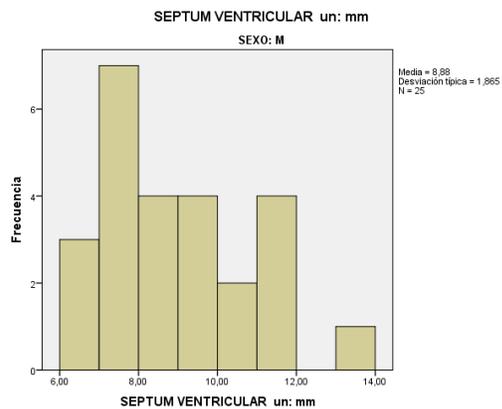


Figura 3.c. Histograma de espesor del septum ventricular en hombres.



Pared libre del ventrículo izquierdo. (Figuras 4.a., 4.b. y 4.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 6.6 mm con una desviación estándar de +/- 1.4 mm.

Al comparar por sexo el promedio del espesor de la pared posterior del septum interventricular en mujeres fue menor siendo de 6.3 mm. En hombres fue de 6.9 mm. Desviación estándar de 1.1 mm en mujeres y 1.6 mm en hombres.

El 80 % de los datos del espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo en mujeres están entre 4.5 y 7.7 mm. En hombres estos datos están entre 4.8 y 9.5 mm.

Figura 4.a. Comparación por sexo del espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo.

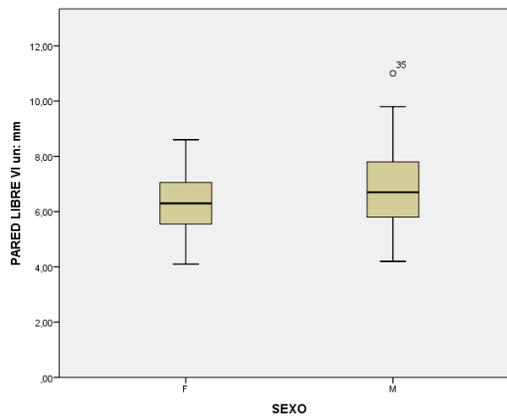


Figura 4.b. Histograma del espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo en mujeres.

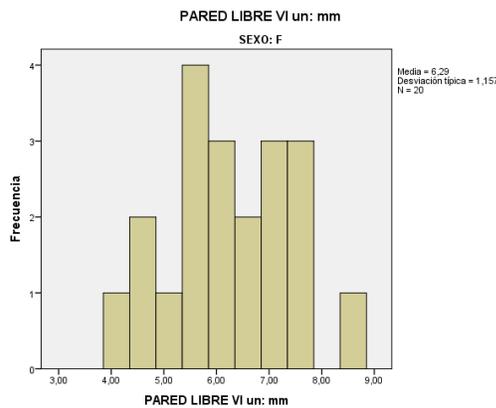
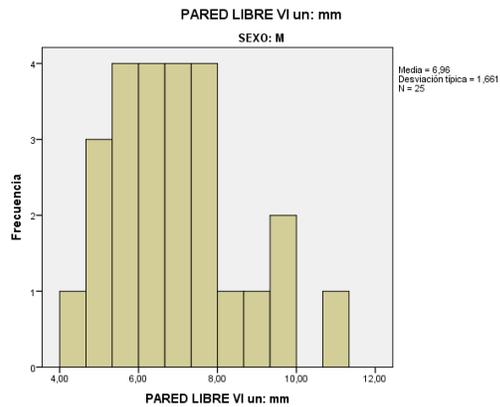


Figura 4.c. Histograma del espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo en hombres



Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo. Figuras 5.a., 5.b. y 5.c.

En el grupo total de 45 adultos sanos el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 5.3 cm con una desviación estándar de +/- 5.6 mm.

Al comparar por sexo el promedio del diámetro diastólico del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 5.2 cm. En hombres fue de 5.4 cm. Desviación estándar de 6 mm en mujeres y 5 mm en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos en esta variable están entre 4.9 y 5.8 cm en mujeres y entre 4.7 y 6.2 cm en hombres.

Figura 5.a. Comparación por sexo del diámetro diastólico del ventrículo izquierdo.

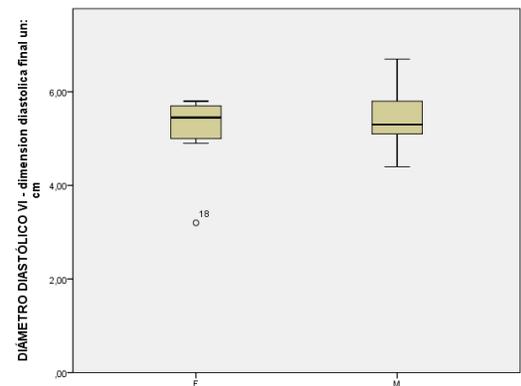


Figura 5.b. Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo en mujeres.

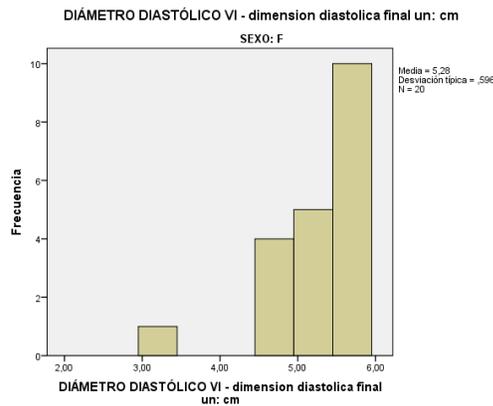
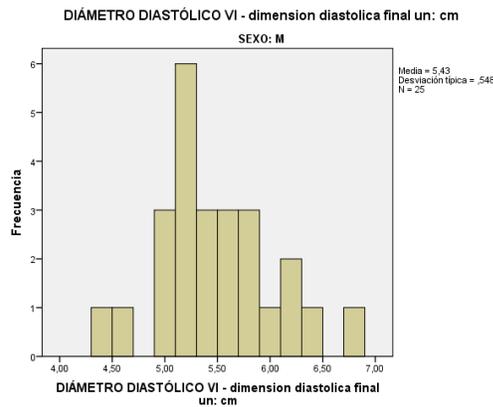


Figura 5.c. Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo en hombres.



Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo. (Figuras 6.a., 6.b. y 6.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el diámetro sistólico del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 3.4 cm con una desviación estándar de +/- 5 mm.

Al comparar por sexo el promedio del diámetro sistólico del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 3.3 cm. En hombres fue de 3.5 cm. Desviación estándar de 3 mm en mujeres y 6 mm en hombres.

El 80 % de datos de diámetro sistólico del ventrículo izquierdo en mujeres están entre 3.1 y 3.7 cm y en hombres entre 2.8 y 4.3 cm.

Figura 6.a. Comparación por sexo del diámetro sistólico del ventrículo izquierdo.

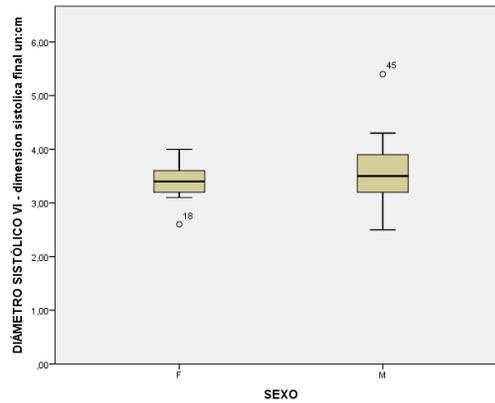


Figura 6.b. Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo en mujeres.

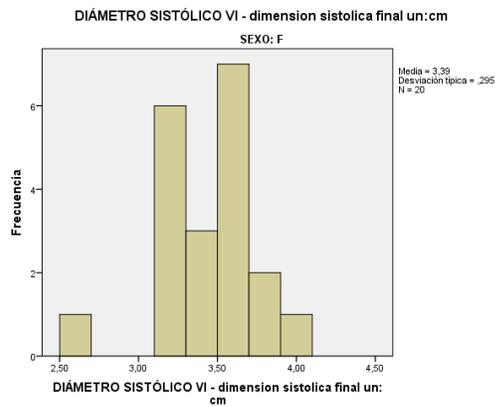
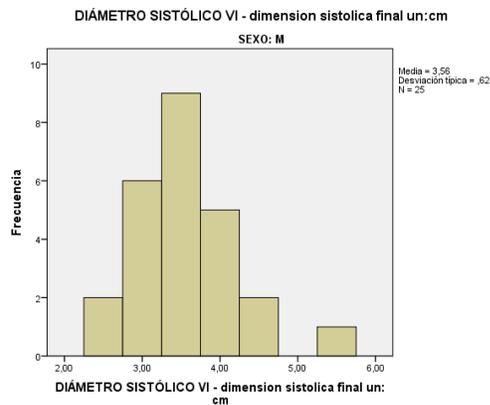


Figura 6.c. Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo en hombres.



Fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo. (Figuras 7.a., 7.b. y 7.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 38 % con una desviación estándar de +/- 10 %.

Al comparar por sexo el promedio de la fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo en mujeres fue mayor siendo de 40%. En hombres fue de 37%. Desviación estándar de 11% en mujeres y 9% en hombres.

El 80 % de los datos observados en esta variable estuvieron entre el 30 y el 59 % en las mujeres y entre el 28 y el 48 & en hombres.

Figura 7.a. Comparación por sexos de la fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo.

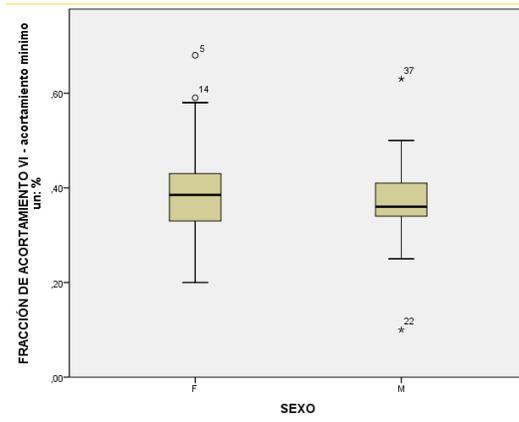


Figura 7.b. Fracción de acortamiento en mujeres.

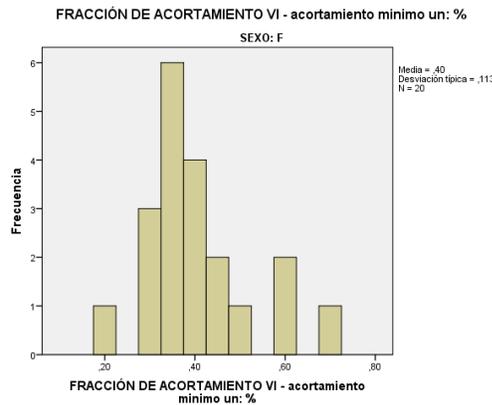
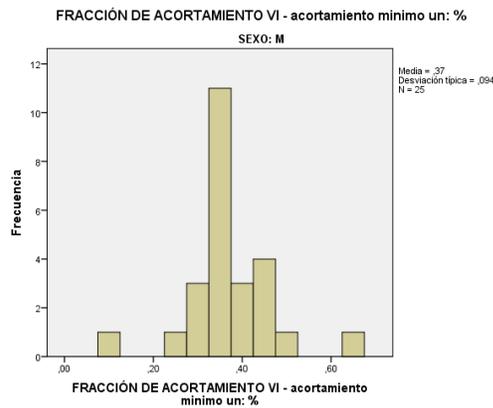


Figura 7.c. Fracción de acortamiento en hombres.



Volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo. (Figuras 8.a., 8.b. y 8.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 64 ml con una desviación estándar de +/- 9,6 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 62 ml. En hombres fue de 65 ml. Desviación estándar de 7.1 ml en mujeres y 11.2 ml en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos se encuentran entre 50.9 y 70.8 ml en mujeres y entre 47.2 y 82.3 ml.

Figura 8.a. Comparación por sexo del volumen diastólico final del ventrículo izquierdo.

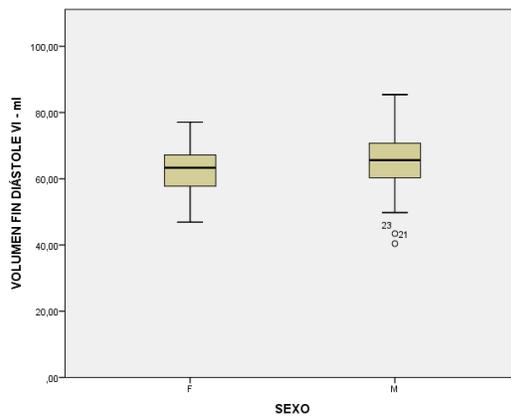


Figura 8.b. Volumen diastólico final en mujeres.

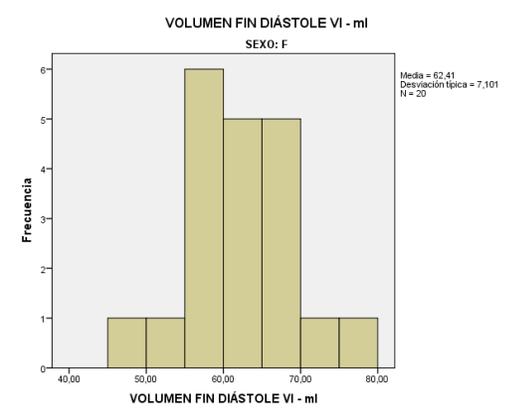
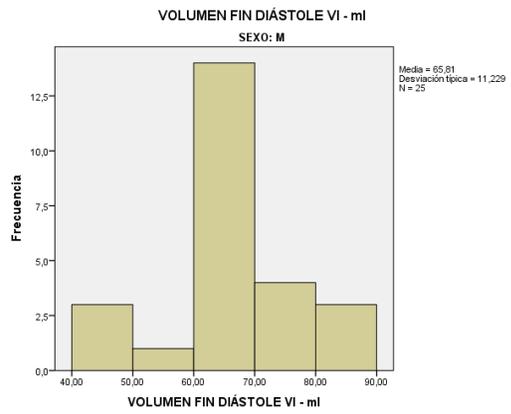


Figura 8.b. Volumen diastólico final en hombres.



Índice de volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo. (Figuras 9.a. y 9.b).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice del volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 25 ml/m² con una desviación estándar de +/- 8.9 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 24 ml/m². En hombres fue de 26 ml/m². Desviación estándar de 4 ml/m² en mujeres y 11.5 ml/m² en hombres.

El 80 % de los datos observados en mujeres están entre 20.3 y 30.8 ml/m² y entre 15 y 37 ml/m² en hombres.

Figura 9.a. Índice de volumen de fin de diástole del VI en mujeres.

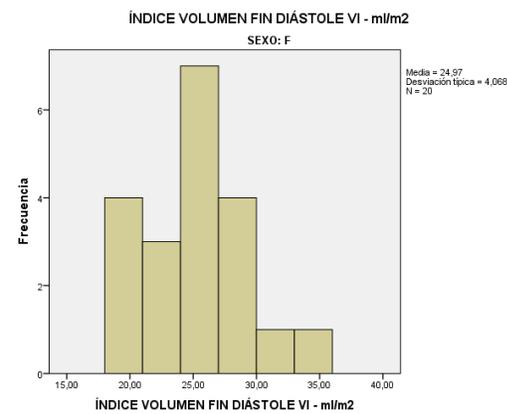
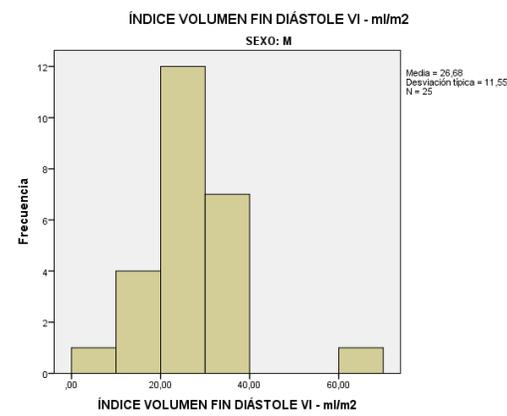


Figura 9.b. Índice de volumen de fin de diástole del VI en hombres.



Volumen de fin de sístole del ventrículo izquierdo. (Figuras 10.a., 10.b. y 10.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen de fin de sístole del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 43 ml con una desviación estándar de +/- 11 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen de fin de sístole del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 40 ml. En hombres fue de 44 ml. Desviación estándar de 7.1 ml en mujeres y 13.5 ml en hombres.

El 80 % de los datos encontrados en esta variable estuvieron entre 31.7 y 51.9 ml en mujeres y entre 28.6 y 62.4 ml en hombres.

Figura 10.a. Comparación por sexos de volumen de fin de sístole del VI.

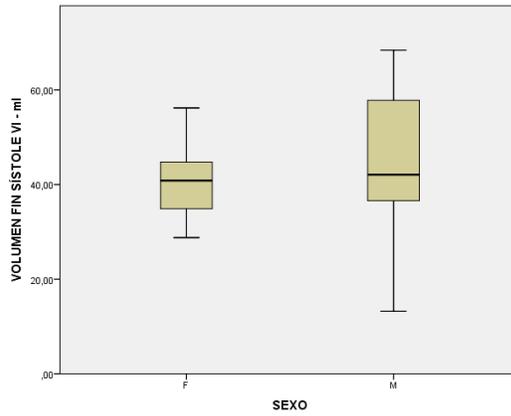


Figura 10.b. Volumen de fin de sístole del VI en mujeres.

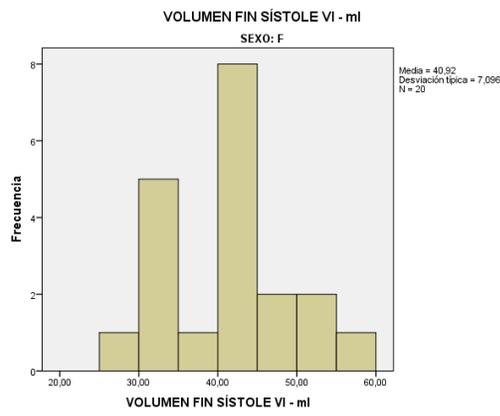
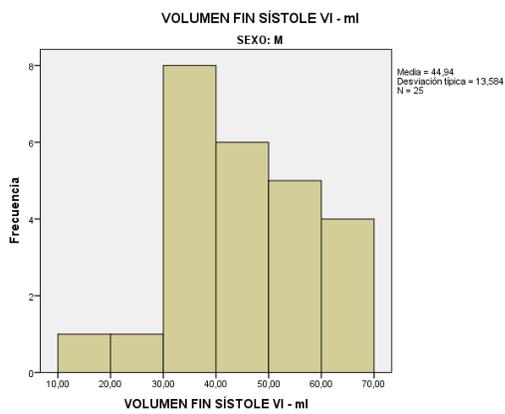


Figura 10.c. Volumen de fin de sístole del VI en hombres.



Índice de volumen de fin de sístole. (Figuras 11.a., 11.b. y 11.c).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen de fin de sístole del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 39 ml/m² con una desviación estándar de +/- 8.1 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen de fin de sístole del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 37 ml/m². En hombres fue de 40 ml/m².

Desviación estándar de 5.7 ml/m² en mujeres y 9.5 ml/m² en hombres.

El 80 % de las mujeres tienen índice de volumen sistólico final entre 29 y 46 ml/m² y entre 28 y 56.2 ml/m² en hombres.

Figura 11.a. Comparación por sexos del índice de volumen sistólico final del VI.

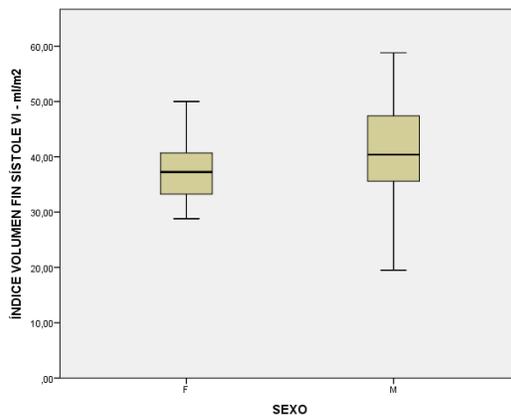


Figura 11.b. Índice de volumen sistólico final del VI en mujeres.

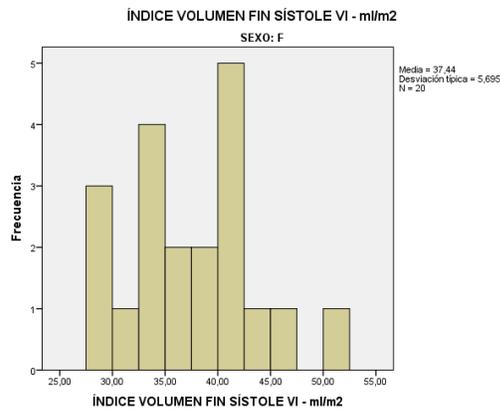
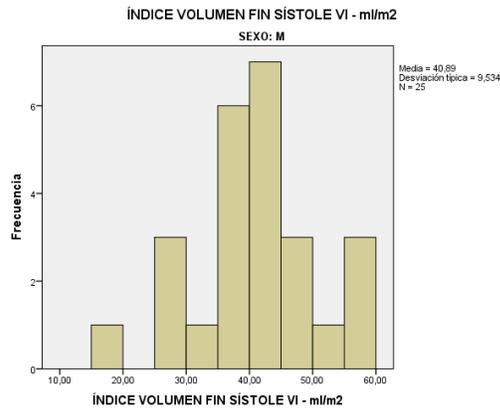


Figura 11.c. Índice de volumen sistólico final del VI en hombres.



Volumen diastólico epicárdico final del ventrículo izquierdo. (Figuras 12.a. y 12.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen diástolico epicárdico del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 185 ml con una desviación estándar de +/- 37 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen diastólico epicárdico del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 162 ml. En hombres fue de 204 ml. Desviación estándar de 24 ml en mujeres y 35 ml en hombres.

El 80 % de las mujeres observadas en el estudio tienen entre 128.1 y 210.5 ml de volumen diastólico final epicárdico. Este rango en hombres es de 159.2 hasta 251.2 ml.

Figura 12.b. Volumen diastólico final epicárdico en sexo femenino.

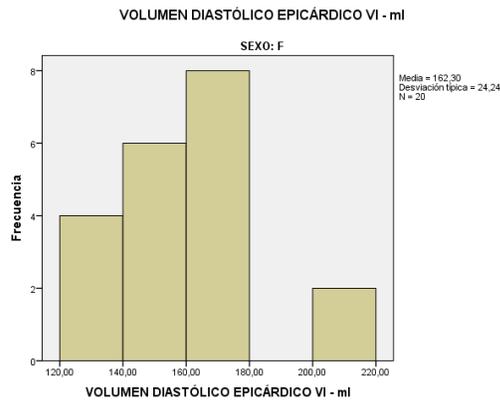
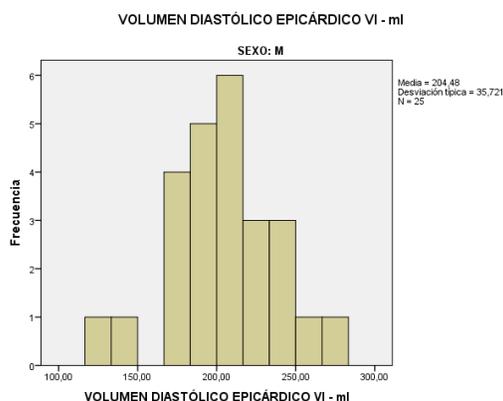


Figura 12.c. Volumen diastólico final epicárdico en sexo masculino.



Volumen sistólico final epicárdico del ventrículo izquierdo. (Figuras 13.a. y 13.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen sistólico epicárdico del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 122 ml con una desviación estándar de +/- 31 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen sistólico epicárdico del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 104 ml. En hombres fue de 136 ml. Desviación estándar de 20 ml en mujeres y 31 ml en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos en esta variable están entre 70 y 135.9 ml en mujeres y entre 109.8 y 177.8 ml en hombres.

Figura 13.a. Volumen sistólico epicárdico del ventrículo izquierdo en mujeres.

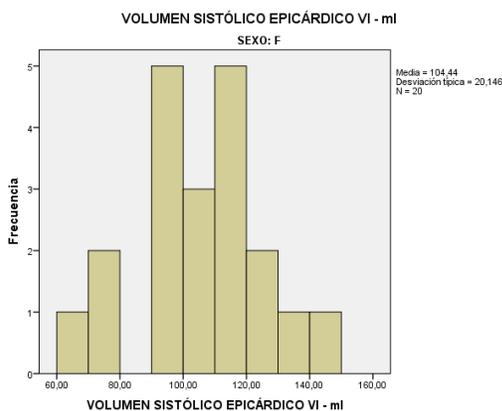
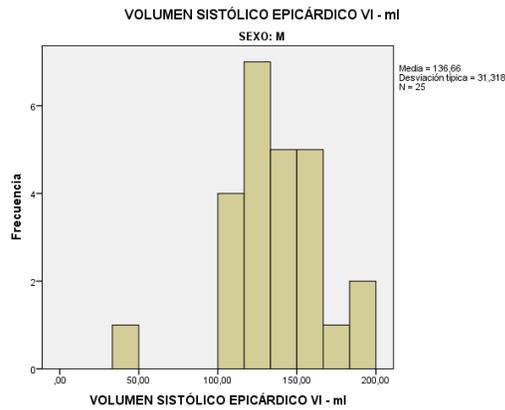


Figura 13.b. Volumen sistólico epicárdico del ventrículo izquierdo en hombres.



Volumen latido del ventrículo izquierdo. (Figuras 14.a., 14.b. y 14.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen latido del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 67 ml con una desviación estándar de +/- 15 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen latido del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 61 ml. En hombres fue de 71 ml. Desviación estándar de 9 ml en mujeres y 18 ml en hombres.

El 80 % de las mujeres tienen datos de volumen latido entre 49.4 y 74.4 ml y los hombres entre 45.1 y 97.5 ml.

Figura 14.a. Comparación por sexo de volumen latido del VI.

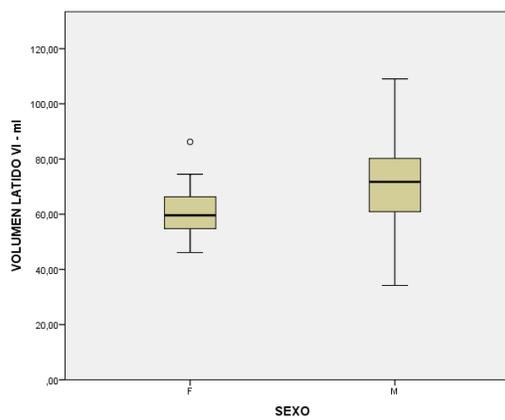


Figura 14.b. Volumen latido del VI en sexo femenino.

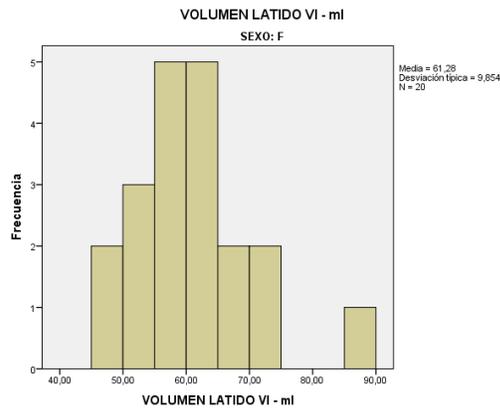
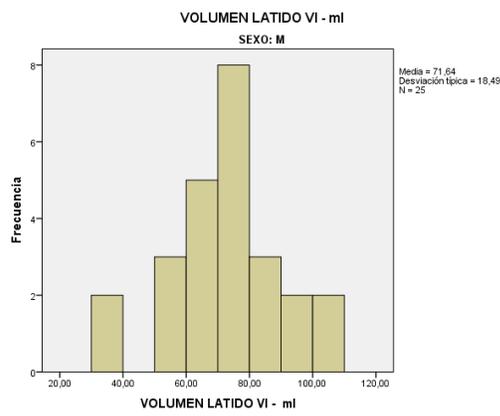


Figura 14.c. Volumen latido del VI en sexo masculino.



Índice del volumen latido del ventrículo izquierdo. (Figuras 15.a. y 15.b.)

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen latido del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 39 ml/m² con una desviación estándar de +/- 8 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio el índice volumen latido del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 36 ml/m². En hombres fue de 41 ml/m². Desviación estándar de 6 ml/m² en mujeres y 9 ml/m² en hombres.

El 80 % de las mujeres tienen índice de volumen latido entre 28.4 y 46.1 ml/m² y los hombres entre 28 y 56.2 ml/m².

Figura 15.a. Índice volumen latido del ventrículo izquierdo en mujeres.

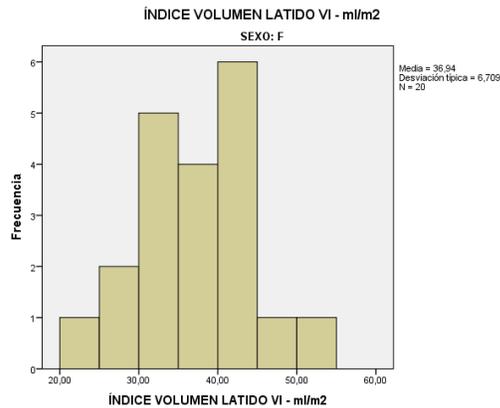
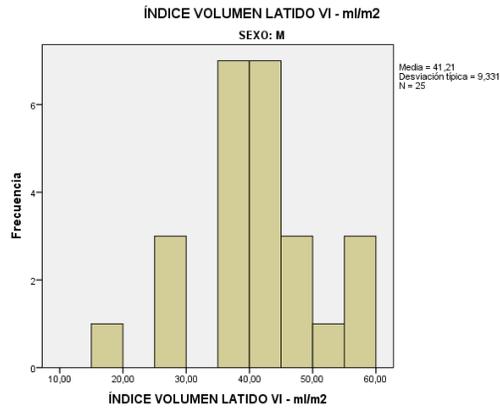


Figura 15.b. Índice volumen latido del ventrículo izquierdo en hombres.



Masa telediastólica del ventrículo izquierdo. (Figuras 16.a. y 16.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la masa telediastólica del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 80 gr con una desviación estándar de +/- 25 gr.

Al comparar por sexo el promedio la masa telediastólica del ventriculo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 68 gr. En hombres fue de 90 gr. Desviación estándar de 27 gr en mujeres y 17 gr en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos de la masa diastólica del VI en mujeres están entre 41.6 y 100 gr y entre 66 y 115.4 gr.

Figura 16.a. Masa telediastólica del VI en mujeres.

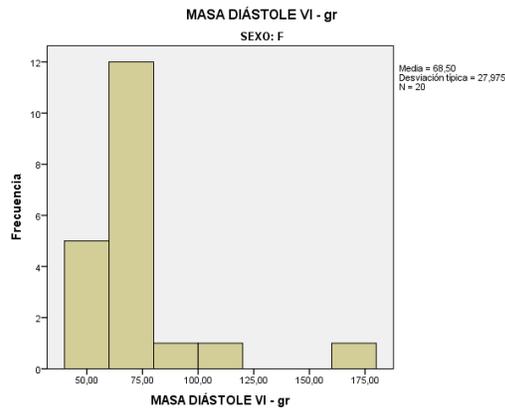
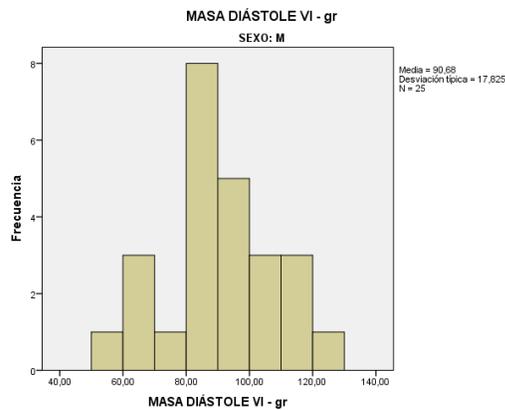


Figura 16.b. Masa telediastólica del VI en hombres.



Masa telesistólica del ventrículo izquierdo. (Figuras 17.a. y 17.b.)

En el grupo total de 45 adultos sanos la masa telesistólica del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 82 gr con una desviación estándar de +/- 24 gr.

Al comparar por sexo el promedio la masa telesistólica del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 69 gr. En hombres fue de 93 gr. Desviación estándar de 20 gr en mujeres y 21 gr en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos en mujeres están entre 40 y 102.2 gr y en hombres entre 75 y 124.4 gr.

Figura 17.a. Masa telesistólica en VI en mujeres.

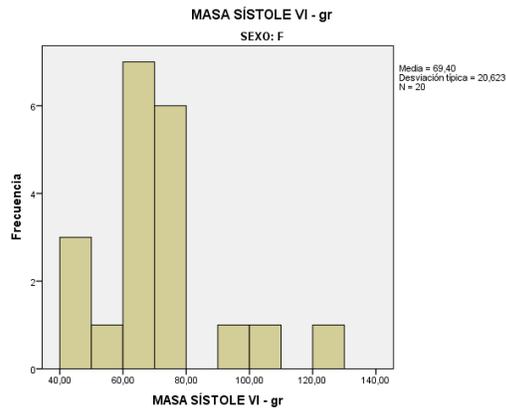
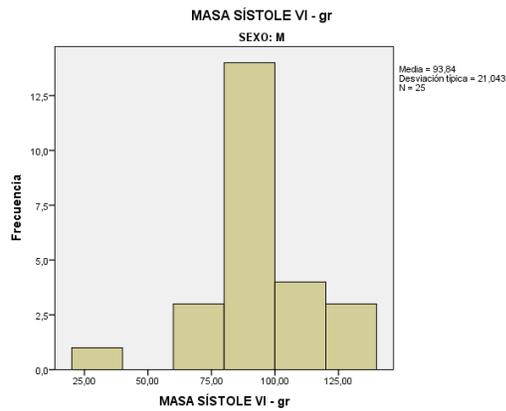


Figura 17.b. Masa telesistólica en VI en hombres.



Fracción de eyección del ventrículo izquierdo. (Figuras 18.a. y 18.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la fracción de eyección del ventrículo izquierdo tuvo un promedio de 61% con una desviación estándar de +/- 0.7 %.

Al comparar por sexo el promedio la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en mujeres fue menor siendo de 60 %. En hombres fue de 62 %. Desviación estándar de 5 % en mujeres y 9% en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos en mujeres están entre 49.6 y 64.9 % y entre 48.6 y 71.6 % en hombres.

Figura 18.a. Fracción de eyeción del VI en mujeres.

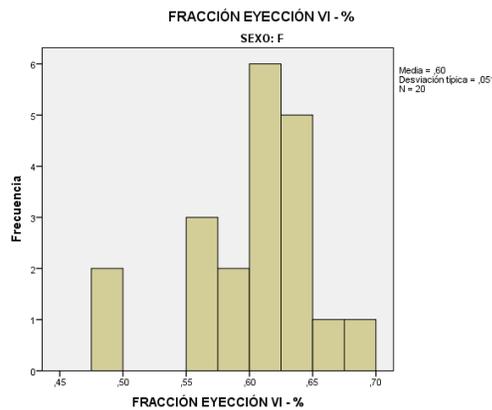
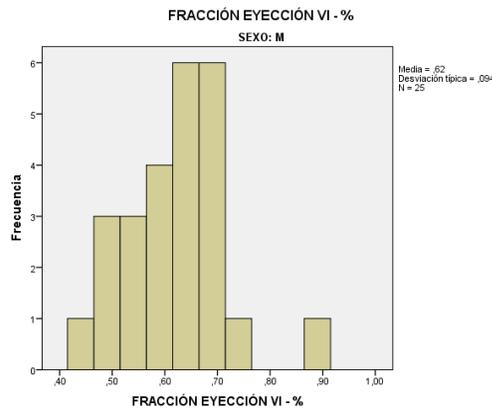


Figura 18.b. Fracción de eyeción del VI en hombres.



Índice cardiaco. (Figuras 19.a. y 19.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice cardiaco tuvo un promedio de 2.5 l/min/m² con una desviación estándar de +/- 0.6 l/min/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice cardiaco en mujeres fue menor siendo de 2.4 l/min/m². En hombres fue de 2.6 l/min/m². Desviación estándar de 0.4 l/min/m² en mujeres y 0.6 l/min/m² en hombres.

El rango entre 1.78 y 3.14 l/min/m² fue observado en el índice cardiaco del 80 % de las mujeres y en hombres el rango entre 1.50 y 3.51 l/min/m².

Figura 19.a. Índice cardiaco en sexo femenino.

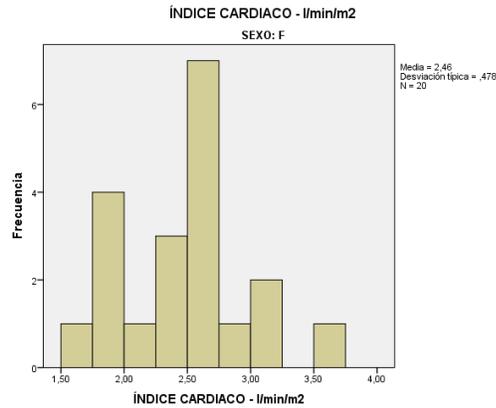
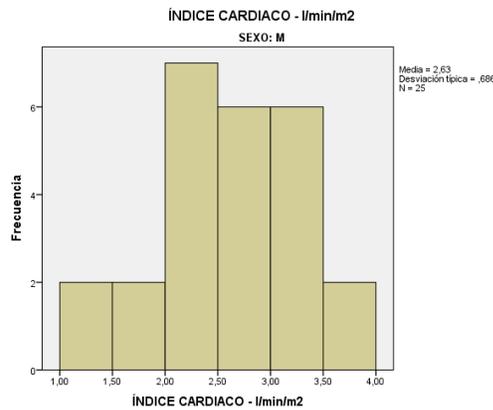


Figura 19.b. Índice cardiaco en sexo masculino.



Gasto cardiaco. (Figuras 20.a., 20.b. y 20.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el gasto cardiaco tuvo un promedio de 4.3 l/min con una desviación estándar de +/- 1 l/min.

Al comparar por sexo el promedio el gasto cardiaco en mujeres fue menor siendo de 4 l/min.

En hombres fue de 4.6 l/min. Desviación estándar de 0.7 l/min en mujeres y 1.1 l/min en hombres.

El 80 % de las mujeres tienen gasto cardiaco con valores entre 3.0 y 5.0 lt/min y los hombres entre 2.8 y 6.3 lt/min.

Figura 20.a. Comparación según sexo del gasto cardiaco.

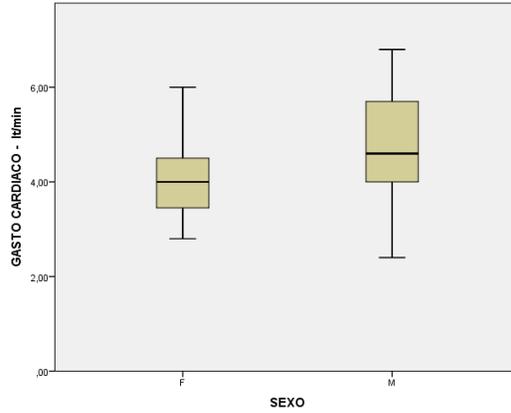


Figura 20.b. Gasto cardiaco en sexo femenino.

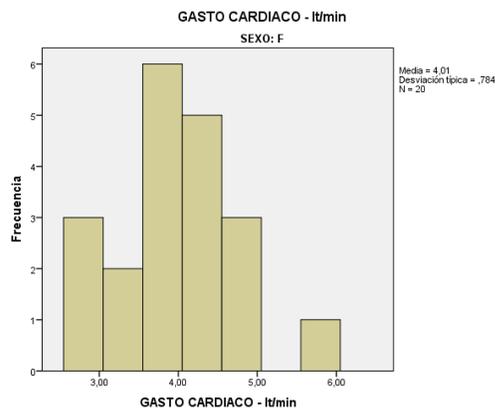
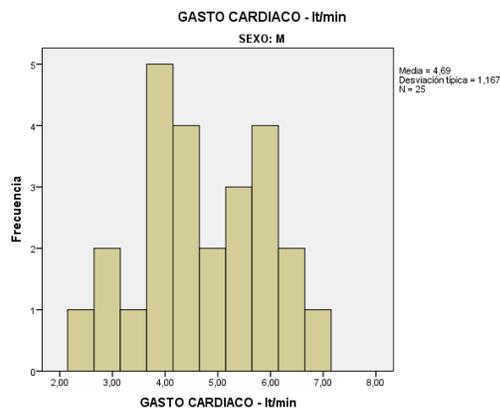


Figura 20.c. Gasto cardiaco en sexo masculino.



Eje mayor del ventrículo derecho. (Figuras 20.a., 20.b. y 20.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el eje mayor del ventrículo derecho tuvo un promedio de 7.1 cm con una desviación estándar de +/- 0.7 cm.

Al comparar por sexo el promedio del eje mayor del ventrículo derecho en mujeres fue menor siendo de 7 cm. En hombres fue de 7.2 cm. Desviación estándar de 0.6 cm en mujeres y 0.8 cm en hombres.

En el sexo femenino el 80 % tiene valores observados entre 5.6 y 7.9 cm para esta variable y entre 6.4 y 8.6 cm para hombres.

Figura 20.a. Comparación por sexos para el eje mayor del VD.

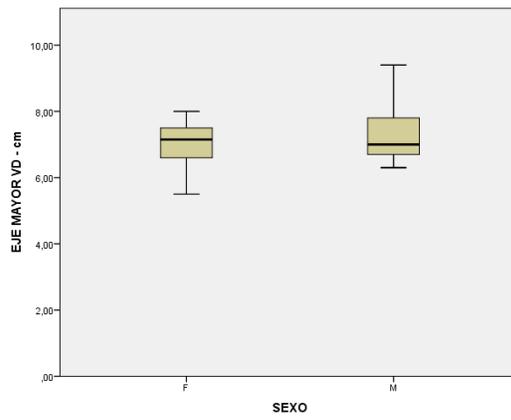


Figura 20.b. Eje mayor del VD en mujeres.

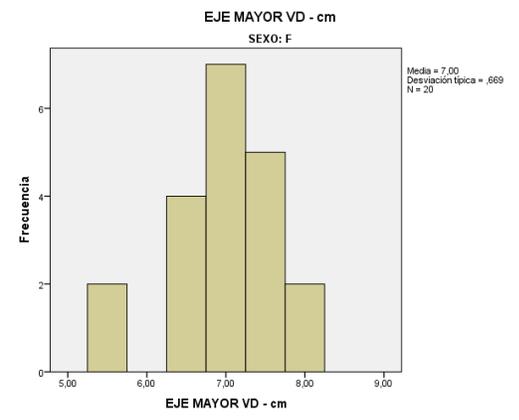
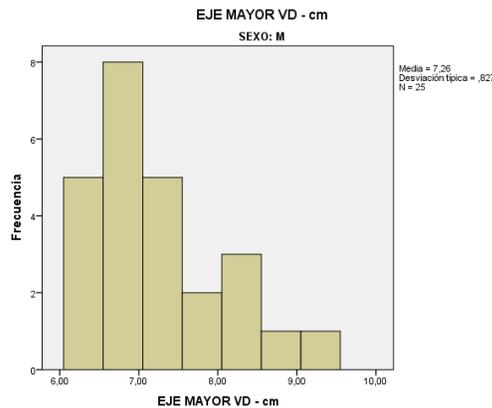


Figura 20.c. Eje mayor del VD en hombres.



Eje menor del ventrículo derecho. (Figuras 21.a., 21.b. y 21.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el eje menor del ventriculo derecho tuvo un promedio de 3.7 cm con una desviación estándar de +/- 0.4 cm.

Al comparar por sexo el promedio del eje menor del ventriculo derecho en mujeres fue menor siendo de 3.5 cm. En hombres fue de 3.9 cm. Desviación estándar de 0.3 cm en mujeres y 0.5 cm en hombres.

El 80 % de los valores observados en eje menor en mujeres estuvieron entre 3.0 y 4.0 cm y en hombres entre 3.2 y 4.7 cm.

Figura 21.a. Eje menor del VD comparado por sexo.

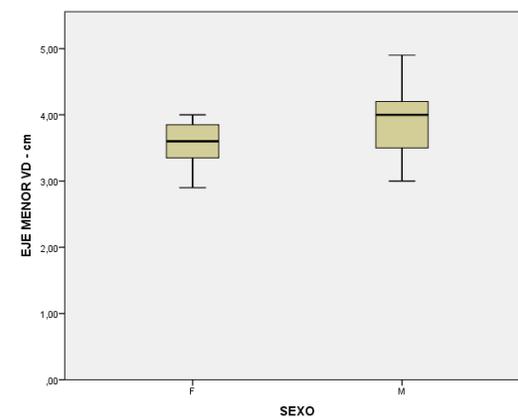


Figura 21.b. Eje menor del VD en mujeres.

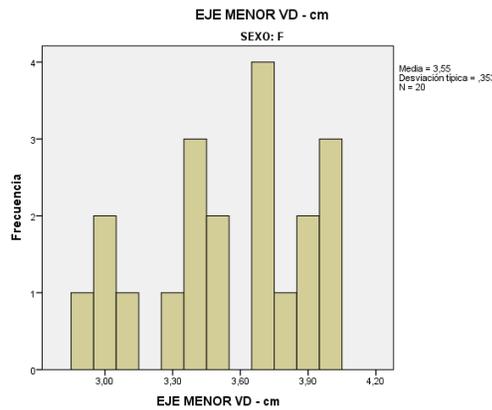
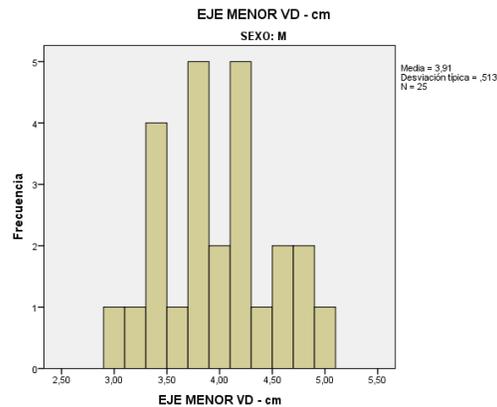


Figura 21.c. Eje menor del VD en hombres.



Volumen diastólico del ventrículo derecho. (Figuras 22.a., 22.b. y 22.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen diastólico del ventrículo derecho tuvo un promedio de 92 ml con una desviación estándar de +/- 22 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen diastolico del ventriculo derecho en mujeres fue menor siendo de 81.8 ml. En hombres fue de 100 ml. Desviación estándar de 14.6 ml en mujeres y 24.8 ml en hombres.

El volumen diastólico del VD en mujeres tuvo valores observados en un 80 % entre 60 y 99.8 ml y entre 69.2 y 132.6 en hombres.

Figura 22.a. Comparación según sexo en el volumen diastólico del VD.

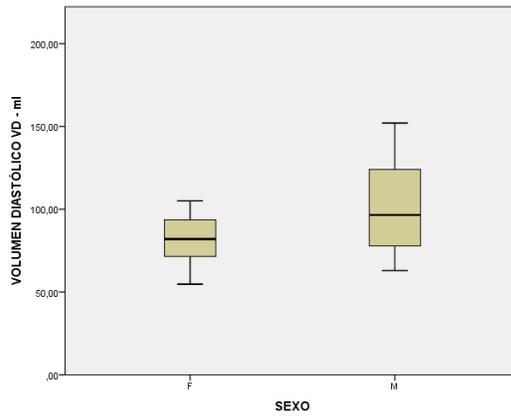


Figura 22.b. Volumen diastólico del VD en sexo femenino.

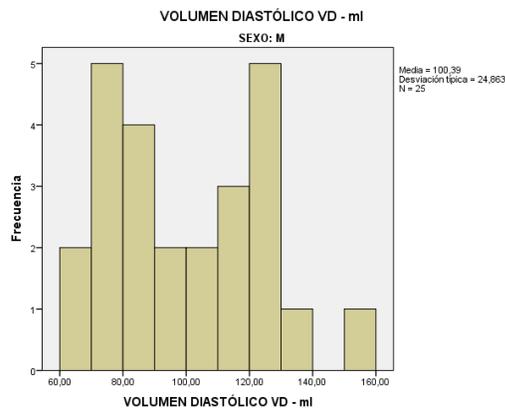
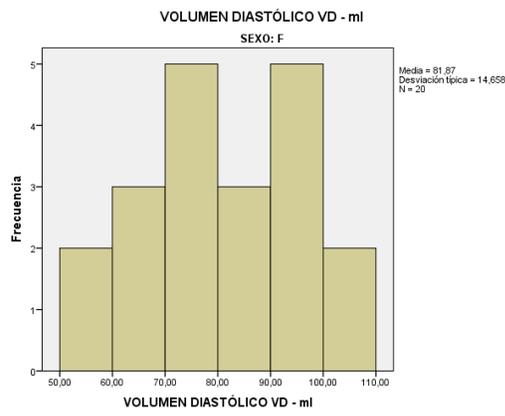


Figura 22.c. Volumen diastólico del VD en sexo masculino.

Índice de volumen diastólico del ventrículo derecho. (Figuras 23.a., 23.b. y 23.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen diastólico del ventrículo derecho tuvo un promedio de 53 ml/m² con una desviación estándar de +/- 11 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen diastólico del ventrículo derecho en mujeres fue menor siendo de 49 ml/m². En hombres fue de 55 ml/m². Desviación estándar de 8 ml/m² en mujeres y 13 ml/m² en hombres.

Los valores obtenidos estuvieron en las mujeres en valores entre 36.1 y 62.0 ml/m² en 80 % de los casos. En hombres el 80 % de los valores estuvieron entre 39.9 y 71.7 ml/m².

Figura 23.a. Comparación por sexo del índice de volumen diastólico del VD.

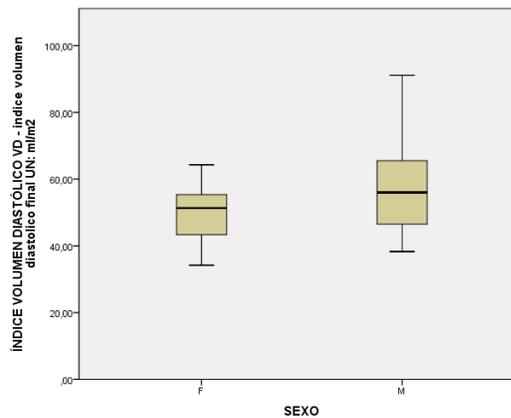


Figura 23.b. Índice de volumen diastólico del VD en mujeres.

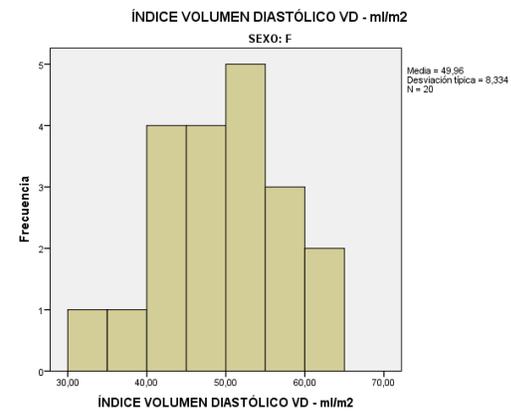
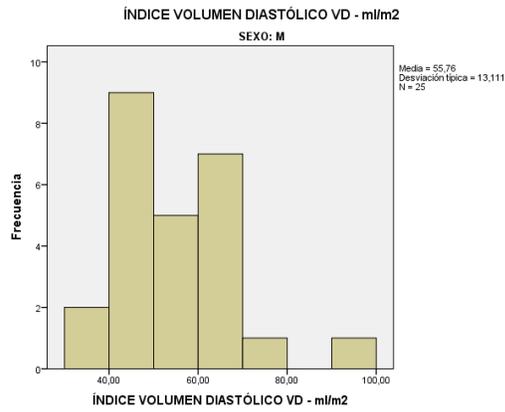


Figura 23.c. Índice de volumen diastólico del VD en hombres.



Volumen sistólico final del ventrículo derecho. (Figuras 24.a. y 24.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen sistólico final del ventrículo derecho tuvo un promedio de 48 ml con una desviación estándar de +/- 21 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen sistólico final del ventrículo derecho en mujeres fue menor siendo de 38 ml. En hombres fue de 57 ml. Desviación estándar de 15 ml en mujeres y 21 ml en hombres.

El 80 % de los valores observados están en el rango de 20.2 a 58.9 ml en mujeres y entre 37.3 y 90.2 ml en hombres.

Figura 24.a. Volumen sistólico final del VD en mujeres.

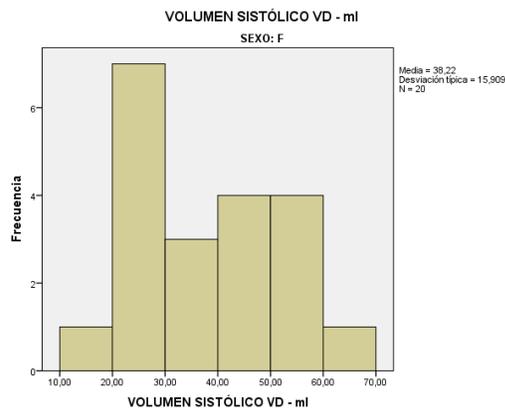
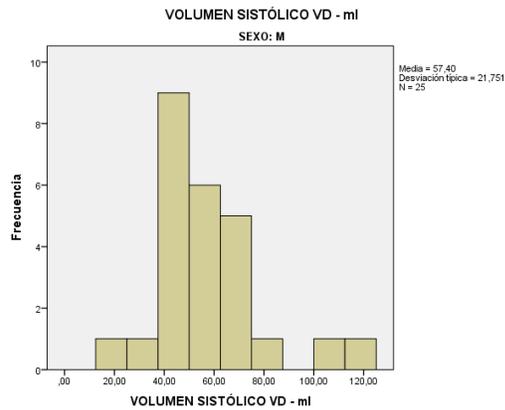


Figura 24.b. Volumen sistólico final del VD en hombres.



Índice de volumen sistólico del ventrículo derecho. (Figuras 25.a. y 25.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen sistólico del ventrículo derecho tuvo un promedio de 28 ml/m² con una desviación estándar de +/- 9.8 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen sistólico del ventrículo derecho en mujeres fue menor siendo de 24 ml/m². En hombres fue de 30 ml/m². Desviación estándar de 8.9 ml/m² en mujeres y 9.8 ml/m² en hombres.

El 80 % de los valores observados en esta variable están entre 13.1 y 36.8 ml/m² en el sexo femenino y entre 20.6 y 41.4 ml/m² en el sexo masculino.

Figura 25.a. Índice de volumen sistólico del VD en mujeres.

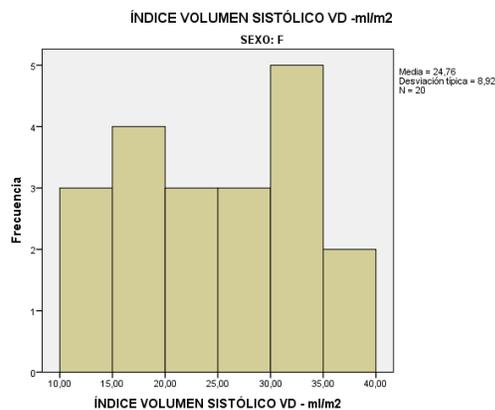
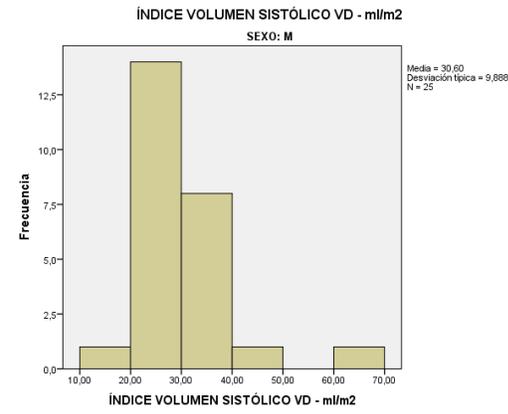


Figura 25.b. Índice de volumen sistólico del VD en hombres.



Volumen latido del ventrículo derecho. (Figuras 26.a., 26.b. y 26.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen latido del ventrículo derecho tuvo un promedio de 44 ml con una desviación estándar de +/- 16 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen latido del ventrículo derecho en mujeres fue menor siendo de 43 ml. En hombres fue de 44 ml. Desviación estándar de 16 ml en mujeres y 16 ml en hombres.

El 80 % de los valores observados estuvieron entre 22 y 77.4 ml para mujeres y entre 26.1 y 70.8 ml para hombres.

Figura 26.a. Comparación por sexo del volumen latido del VD.

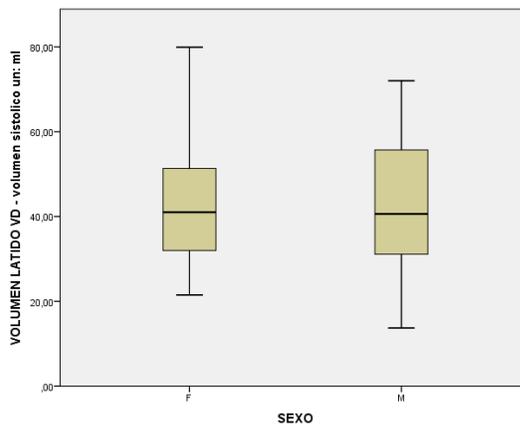


Figura 26.b. Volumen latido del VD en mujeres.

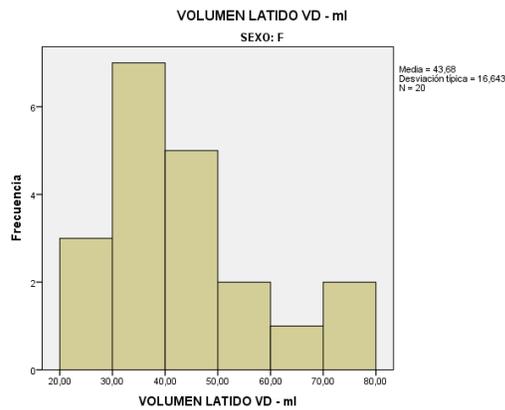
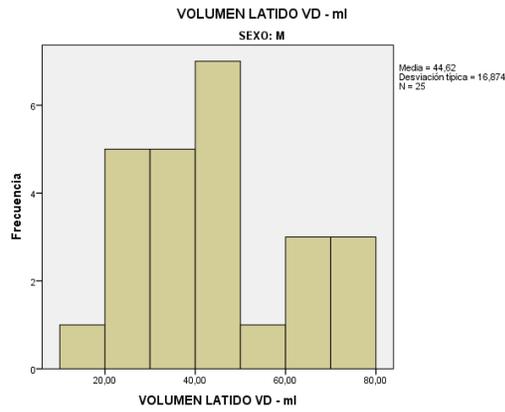


Figura 26.c. Volumen latido del VD en hombres.



Índice de volumen latido del ventrículo derecho. (Figuras 27.a. y 27.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen latido del ventrículo derecho tuvo un promedio de 26 ml/m² con una desviación estándar de +/- 10 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen latido del ventrículo derecho en mujeres fue igual que en hombres siendo de 26 ml/m². En hombres fue de 26 ml/m². Desviación estándar de 10 ml/m² en mujeres y 11 ml/m² en hombres.

Los valores observados estuvieron en 80 % de casos entre 14.3 y 45.2 ml en mujeres y entre 15.2 y 41.8 ml en hombres.

Figura 27.a. Índice de volumen latido del VD en mujeres.

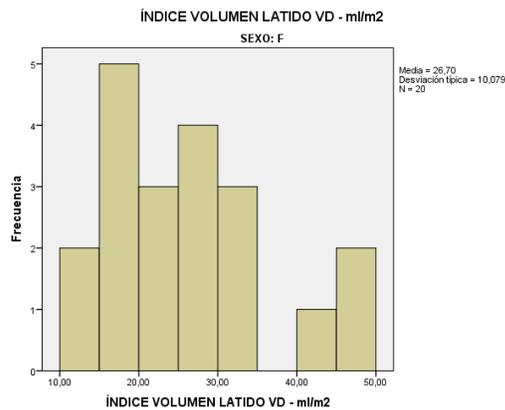
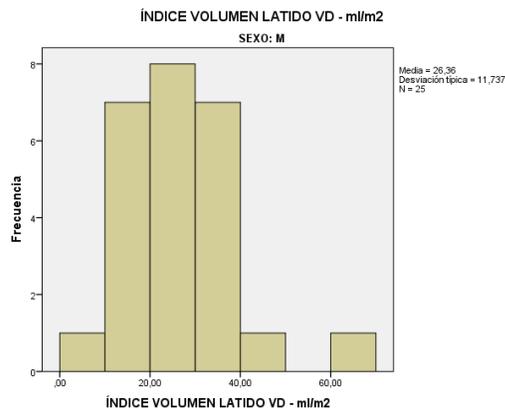


Figura 27.b. Índice de volumen latido del VD en hombres.



Fracción de eyección del ventrículo derecho. (Figuras 28.a. y 28.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la fracción de eyección del ventrículo derecho tuvo un promedio de 48 % con una desviación estándar de +/- 15.

Al comparar por sexo el promedio de la fracción de eyección del ventrículo derecho en mujeres fue mayor que en hombres siendo de 53 %. En hombres fue de 45 %.

Desviación estándar de 17 % en mujeres y 12 % en hombres.

El 80 % de los valores observados en mujeres están entre 34 y 79 % en esta variable y entre 33 y 65 % en hombres.

Figura 29.a. Fracción de eyeción del VD en sexo femenino.

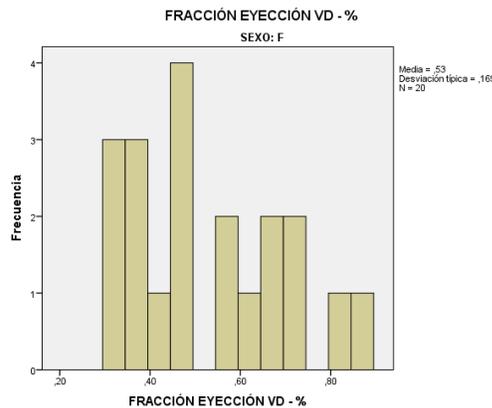
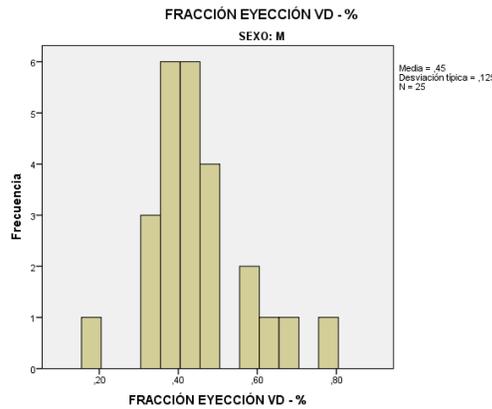


Figura 29.b. Fracción de eyeción del VD en sexo masculino.



Eje mayor de la aurícula izquierda. (Figuras 30.a. y 30.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el eje mayor de la aurícula izquierda tuvo un promedio de 51 mm con una desviación estándar de +/- 7,6 mm.

Al comparar por sexo el promedio del eje mayor de la aurícula izquierda en mujeres fue menor que en hombres siendo de 50 mm. En hombres fue de 52 mm. Desviación estándar de 6.8 mm en mujeres y 8.3 mm en hombres.

En mujeres el eje mayor de la AI en un 80 % de los valores estuvieron entre 39.2 y 60.8 mm. En hombres entre 44 y 65 mm.

Figura 30.a. Eje mayor de la aurícula izquierda en mujeres.

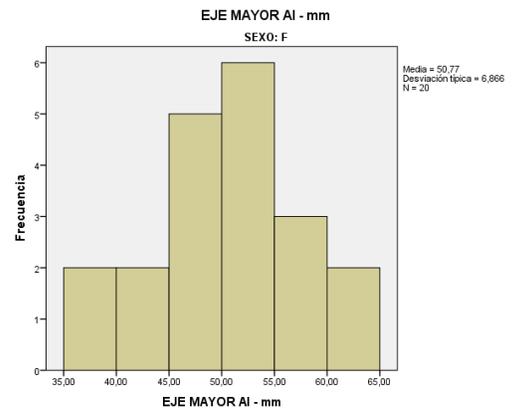
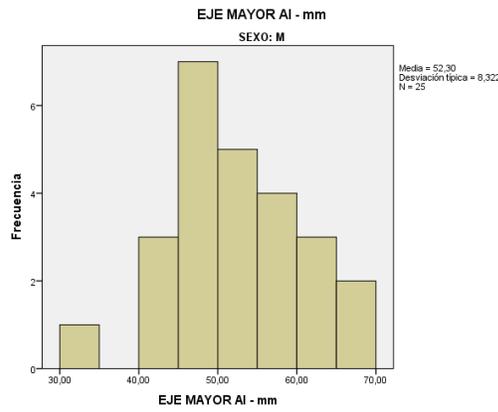


Figura 30.b. Eje mayor de la aurícula izquierda en hombres.



Eje menor de la aurícula izquierda. (Figuras 31.a. y 31.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el eje menor de la aurícula izquierda tuvo un promedio de 40 mm con una desviación estándar de +/- 6.4 mm.

Al comparar por sexo el promedio del eje menor de la aurícula izquierda en mujeres fue menor que en hombres siendo de 39 mm. En hombres fue de 40 mm. Desviación estándar de 6.4 mm en mujeres y 6.3 mm en hombres.

El 80 % de los datos encontrados en esta variable en mujeres están entre 29.5 y 48.4 mm y entre 31.7 y 50.9 mm en hombres.

Figura 31.a. Eje menor de la AI en sexo femenino.

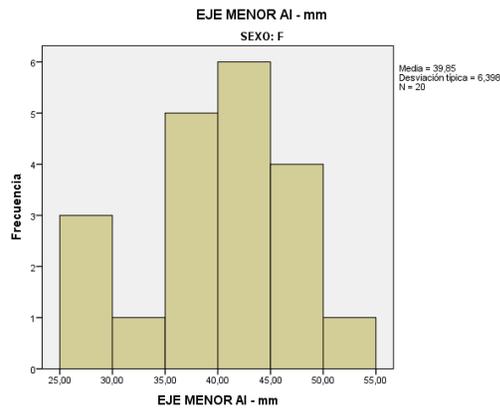
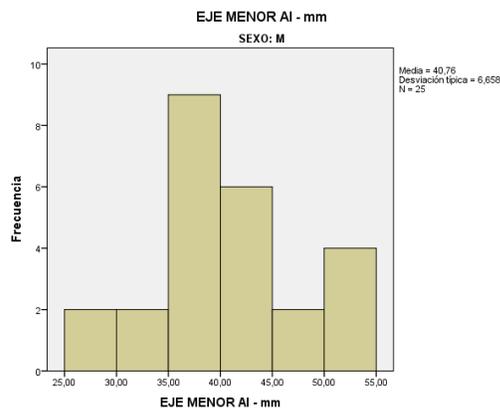


Figura 31.b. Eje menor de la AI en sexo masculino.



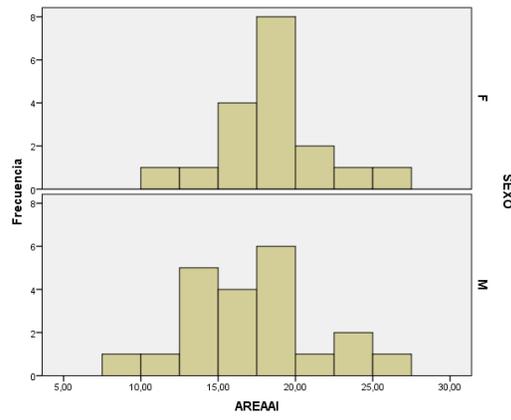
Área de aurícula izquierda. (Figura 32.a.).

En el grupo total de 45 voluntarios sanos el área promedio de la aurícula izquierda encontrado es 17.6 cm² con desviación estándar de +/- 3.7.

En mujeres el promedio encontrado fue de 18.2 cm² +/- 3.6.

En hombres fue de 17.2 cm² +/- 3.8.

Figura 32.a. Histogramas por sexos del área de la aurícula izquierda.



Volumen de fin de diástole de la aurícula izquierda. (Figuras 33.a. y 33.b.)

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen de fin de diástole de la aurícula izquierda tuvo un promedio de 49 ml con una desviación estándar de +/- 16.3 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen de fin de diástole de la aurícula izquierda en mujeres fue mayor que en hombres siendo de 50 ml. En hombres fue de 49 ml. Desviación estándar de 12.7 ml en mujeres y 19 ml en hombres.

En mujeres las medidas de esta variable en un 80 % de los casos están entre 38.3 y 63.2 ml y entre 28.9 y 73.4 ml en hombres.

Figura 33.a. Volumen de fin de diástole de la AI en mujeres.

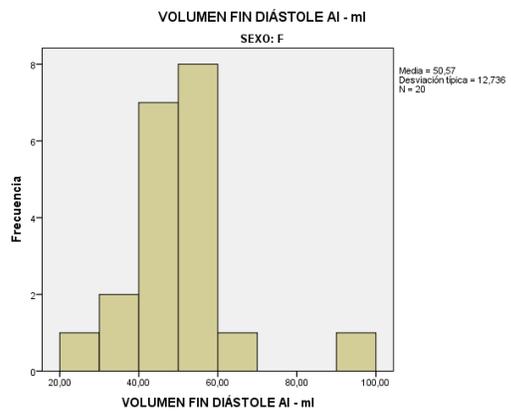
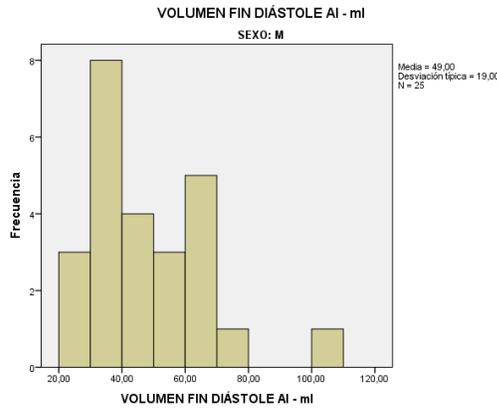


Figura 33.b. Volumen de fin de diástole de la AI en hombres.



Índice de volumen de fin de diástole de aurícula izquierda. (Figuras 34.a. y 34.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen de fin de diástole de la aurícula izquierda tuvo un promedio de 28 ml/m² con una desviación estándar de +/- 9 ml/m².

Al comparar por sexo el índice volumen de fin de diastole de la aurícula derecha en mujeres fue mayor que en hombres siendo de 30 ml/m². En hombres fue de 27 ml/m². Desviación estándar de 6.9 ml/m² en mujeres y 10 ml/m² en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos en mujeres están entre 22.6 y 39.4 ml/m² y entre 16.5 y 39.7 ml/m² en hombres.

Figura 34.a. Índice de volumen diastólico final de AI en sexo femenino.

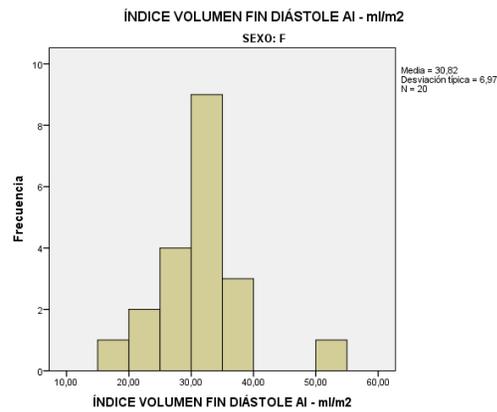
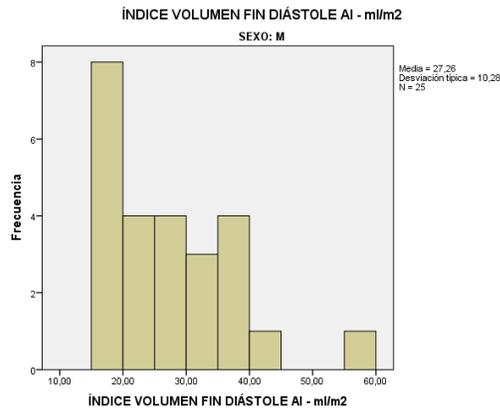


Figura 34.b. Índice de volumen diastólico final de AI en sexo masculino.



Volumen de fin de sístole de aurícula izquierda. (Figura 35.a. y 35.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen de fin de sístole de la aurícula izquierda tuvo un promedio de 23 ml con una desviación estándar de +/- 8 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen de fin de sístole de la aurícula izquierda en mujeres fue menor que en hombres siendo de 22 ml. En hombres fue de 24 ml. Desviación estándar de 7.5 ml en mujeres y 8.6 ml en hombres.

El 80 % de las observaciones anotadas en mujeres están entre 15.2 y 29.8 ml en mujeres y entre 14 y 36.4 ml en hombres.

Figura 35.a. Comparación por sexos de volumen sistólico final de AI.

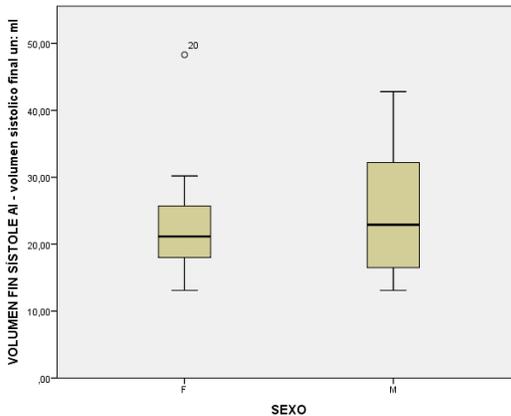


Figura 35.b. Volumen sistólico final de AI en mujeres.

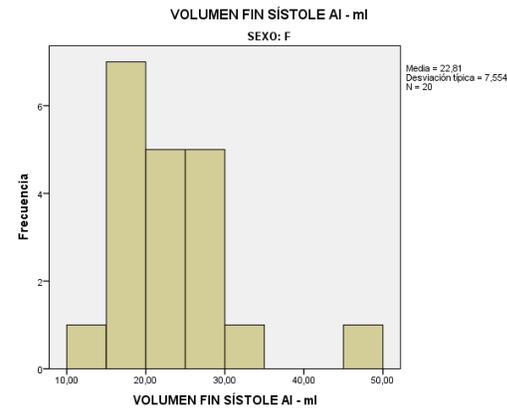
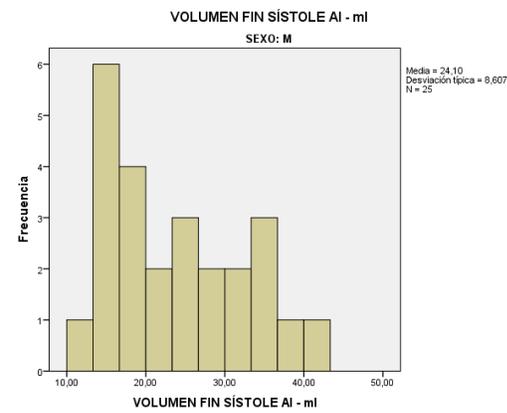


Figura 35.c. Volumen sistólico final de AI en hombres.



Índice de volumen de fin de sístole de aurícula izquierda. (Figuras 36.a., 36.b. y 36.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen de fin de sístole de la aurícula izquierda tuvo un promedio de 13 ml/m² con una desviación estándar de +/- 4.3 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen de fin de sístole de la aurícula izquierda en mujeres fue mayor que en hombres siendo de 13.8 ml/m². En hombres fue de 13.3 ml/m². Desviación estándar de 4.1 ml/m² en mujeres y 4.5 ml/m² en hombres.

El 80 % de las observaciones realizadas de esta variable estuvieron entre 9.6 y 17.9 ml/m² en el sexo femenino y entre 7.9 y 19.1 ml/m² en el sexo masculino.

Figura 36.a. Índice de volumen de fin de sístole de aurícula izquierda discriminado por sexos.

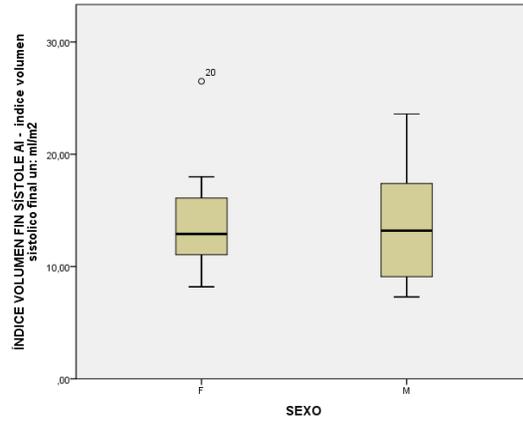


Figura 36.b. Índice de volumen de fin de sístole de AI en sexo femenino.

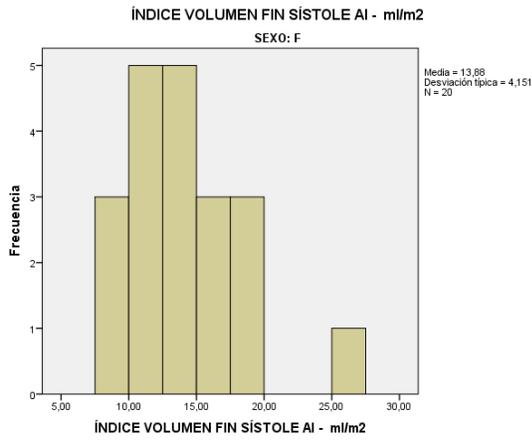
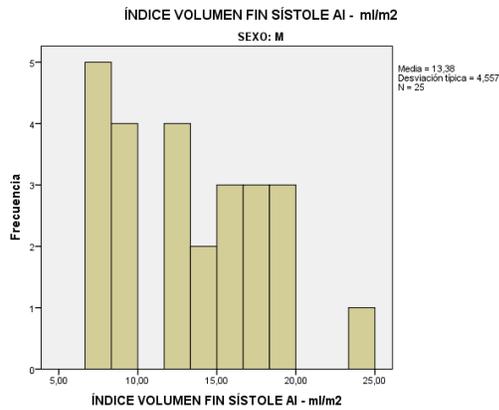


Figura 36.c. Índice de volumen de fin de sístole de AI en sexo masculino.



Fracción de eyección de aurícula izquierda. (Figuras 37.a. y 37.b.),

En el grupo total de 45 adultos sanos la fracción de eyección de la aurícula izquierda tuvo un promedio de 52 % con una desviación estándar de +/- 7 %.

Al comparar por sexo el promedio de la fracción de eyección de la aurícula izquierda en mujeres fue mayor que en hombres siendo de 55 %. En hombres fue de 50 %. Desviación estándar de 0.08 % en mujeres y 0.07 % en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos en mujeres están entre 41.5 % y 61.8 % en mujeres y entre 37.8 % y 57 % en hombres.

Figura 37.a. Fracción de eyección de AI en mujeres.

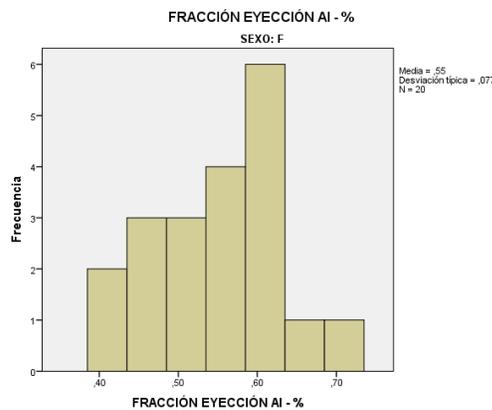
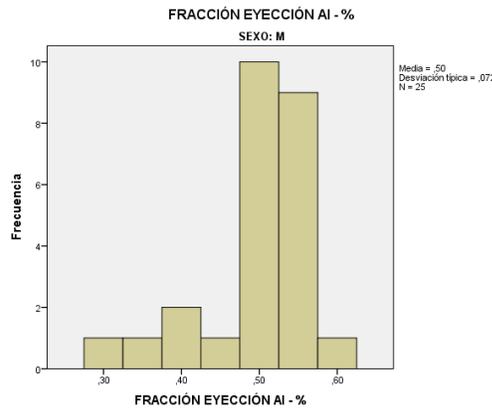


Figura 37.b. Fracción de eyección de AI en hombres.



Eje mayor de la aurícula derecha. (Figuras 38.a., 38.b. y 38.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el eje mayor de la aurícula derecha tuvo un promedio de 42 mm con una desviación estándar de +/- 7.9 mm.

Al comparar por sexo el promedio del eje mayor de la aurícula derecha en mujeres fue mayor que en hombres siendo de 42.2 mm. En hombres fue de 42.1 mm. Desviación estándar de 7.3 mm en mujeres y 8.5 mm en hombres.

El 80 % de los datos obtenidos en esta variable están entre 31.6 y 54.8 mm en sexo femenino y entre 31.2 hasta 54.3 mm en el sexo masculino.

Figura 38.a. Comparación por sexos del eje mayor de la aurícula derecha.

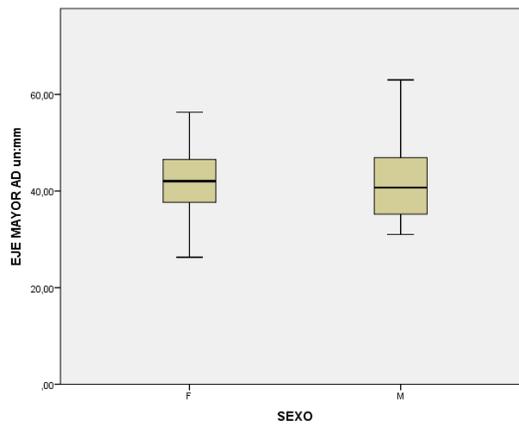


Figura 38.b. Eje mayor de la AD en sexo femenino.

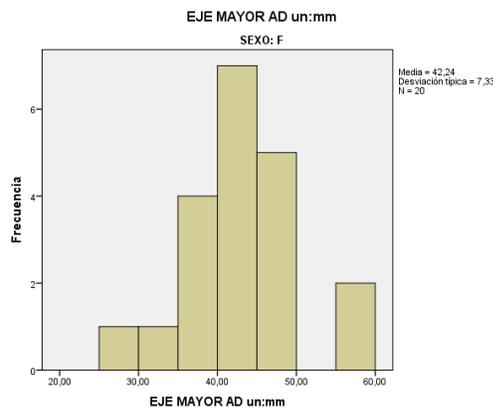
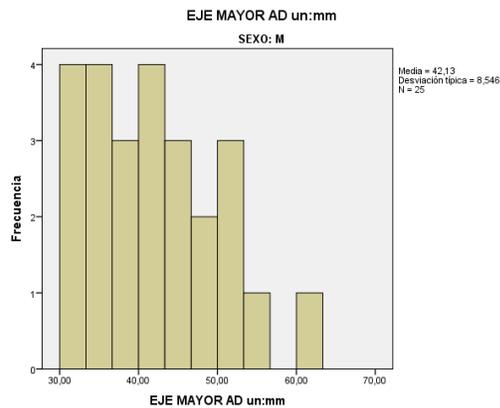


Figura 38.c. Eje mayor de la AD en sexo masculino.



Eje menor de la aurícula derecha. (Figuras 39.a., 39.b. y 39.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el eje menor de la aurícula derecha tuvo un promedio de 41.8 mm con una desviación estándar de +/- 6.2 mm.

Al comparar por sexo el promedio del eje menor de la aurícula derecha en mujeres fue menor que en hombres siendo de 40.8 mm. En hombres fue de 42.6 mm. Desviación estándar de 4.8 mm en mujeres y 7.1 mm en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el eje menor de AD están entre 33.6 hasta 48.2 mm en mujeres y entre 33.1 y 53.5 mm en hombres.

Figura 39.a. Comparación por sexo del eje menor de AD.

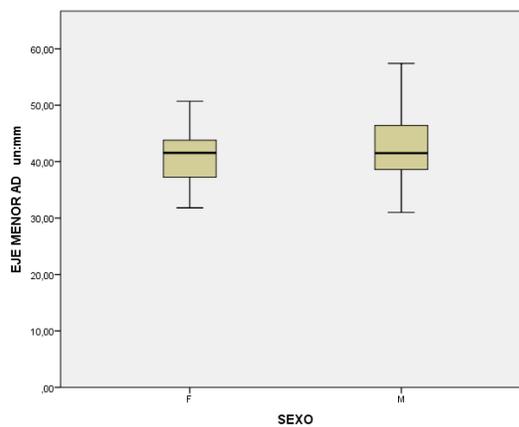


Figura 39.b. Eje menor de AD en mujeres.

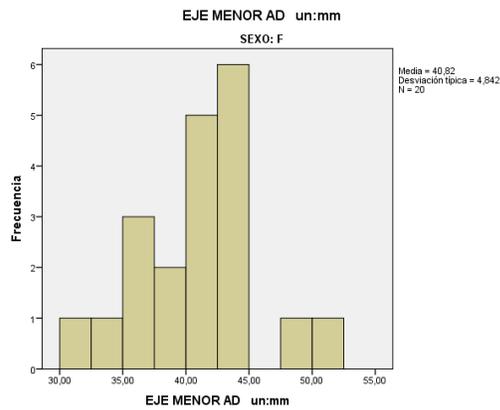
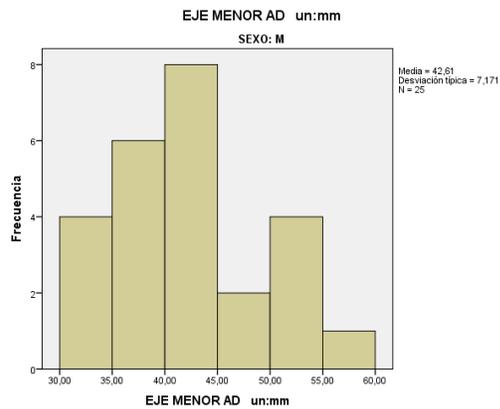


Figura 39.c. Eje menor de AD en hombres.



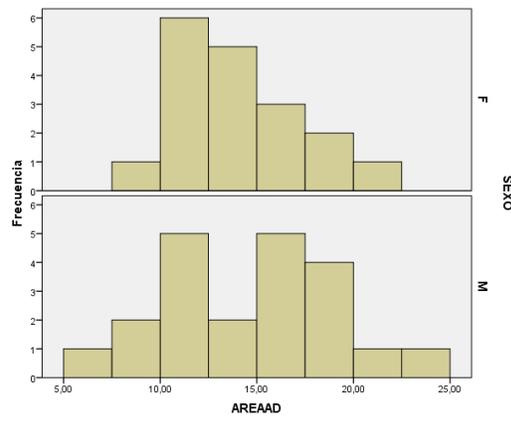
Área de aurícula derecha. (Figura 40.a.).

En el grupo total de 45 voluntarios sanos el área promedio de la aurícula izquierda encontrado es 14.6 cm² con desviación estándar de +/- 4.1.

En mujeres el promedio encontrado fue de 14 cm² +/- 3.4.

En hombres fue de 15.1 cm² +/- 4.7.

Figura 40.a. Histogramas por sexos del área de la aurícula izquierda.



Volumen de fin de diástole de la aurícula derecha. (Figuras 41.a., 41.b. y 41.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen de fin de diástole de la aurícula derecha tuvo un promedio de 47 mm con una desviación estándar de +/- 21 mm. Mediana de 44.2 mm y rango de 90 mm.

Al comparar por sexo el promedio del volumen de fin de diástole de la aurícula derecha en mujeres fue menor que en hombres siendo de 44.1 mm. En hombres fue de 49.2 mm. Desviación estándar de 18.5 mm en mujeres y 22.9 mm en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el volumen diastólico final de AD están entre 21.6 hasta 67.2 mm en mujeres y entre 20.6 y 88.4 mm en hombres.

Figura 41.a. Comparación por sexo de volumen diastólico final de AD.

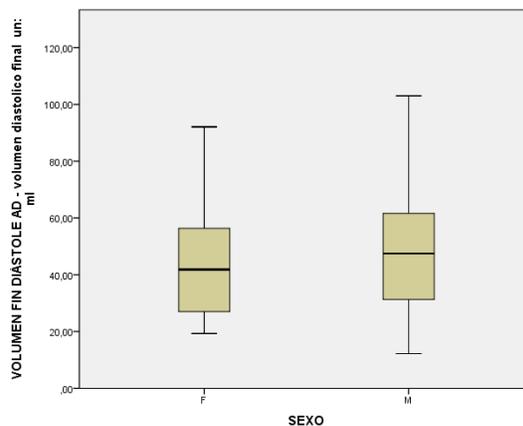


Figura 41.b. Volumen diastólico final de AD en sexo femenino.

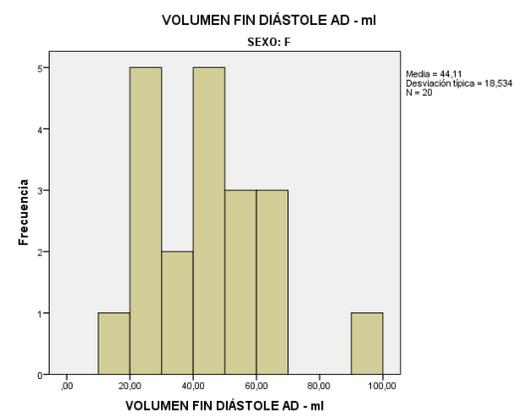
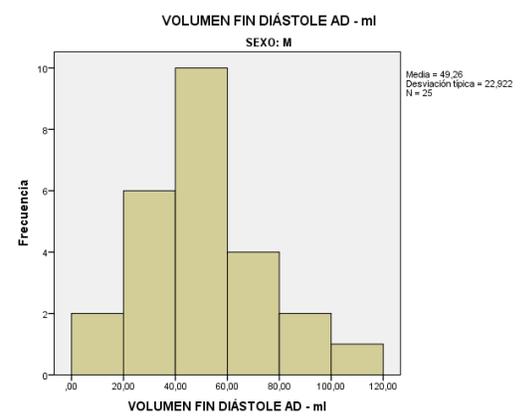


Figura 41.c. Volumen diastólico final de AD en sexo masculino.



Índice de volumen de fin de diástole de la aurícula derecha. (Figuras 42.a. y 42.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen fin de diástole de la aurícula derecha tuvo un promedio de 27 ml/m² con una desviación estándar de +/- 11.5 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen fin de diástole de la aurícula derecha en mujeres fue menor que en hombres siendo de 27.1 ml/m². En hombres fue de 27.2 ml/m². Desviación estándar de 10.9 ml/m² en mujeres y 12.2 ml/m² en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el índice de volumen diastólico final de AD están entre 13.4 hasta 42.2 mm en mujeres y entre 11.4 hasta 49.3 mm en hombres.

Figura 42.a. Índice de volumen de fin de diástole de AD en sexo femenino.

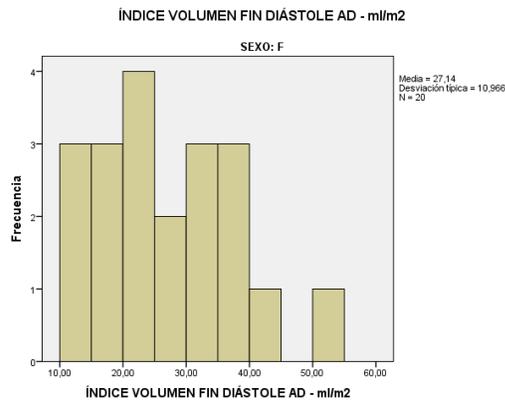
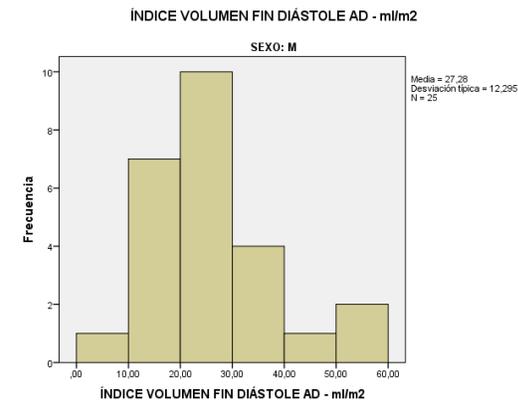


Figura 42.b. Índice de volumen de fin de diástole de AD en sexo masculino.



Volumen de fin de sístole de aurícula derecha. (Figuras 43.a. y 43.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el volumen fin de sístole de la aurícula derecha tuvo un promedio de 24 ml con una desviación estándar de +/- 10.9 ml.

Al comparar por sexo el promedio del volumen fin de sístole de la aurícula derecha en mujeres fue menor que en hombres siendo de 21.8 ml. En hombres fue de 26.3 ml. Desviación estándar de 8 ml en mujeres y 12.1 ml en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el volumen sistólico final de AD están entre 13.3 hasta 30.7 mm en mujeres y entre 11.8 hasta 49.5 mm en hombres.

Figura 43.a. Volumen sistólico final de AD en mujeres.

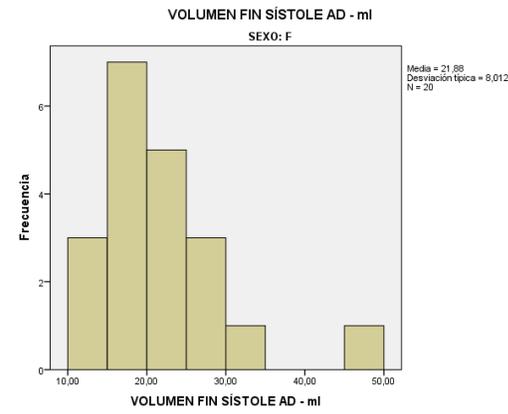
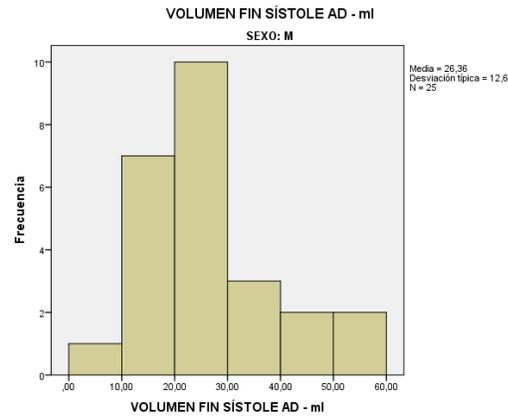


Figura 43.b. Volumen sistólico final de AD en hombres.



Índice de volumen sistólico final de aurícula derecha. (Figuras 44.a. y 44.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el índice volumen fin de sistole de la aurícula derecha tuvo un promedio de 13 ml/m² con una desviación estándar de +/- 5.8 ml/m².

Al comparar por sexo el promedio del índice volumen fin de sistole de la aurícula derecha en mujeres fue menor que en hombres siendo de 13 ml/m². En hombres fue de 14 ml/m². Desviación estándar de 4.3 ml/m² en mujeres y 6.9 ml/m² en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el índice de volumen sistólico final de AD están entre 8 hasta 18 mm en mujeres y entre 6.5 hasta 25.8 mm en hombres.

Figura 44.a. Índice de volumen de fin de sístole de AD en mujeres.

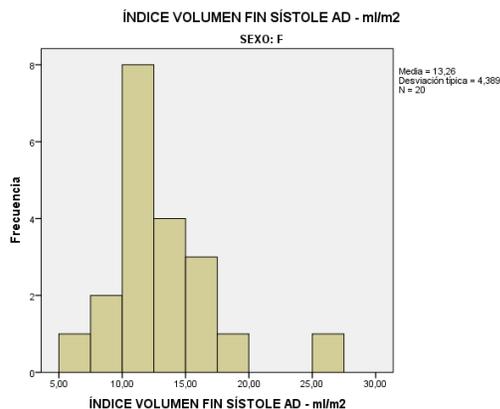
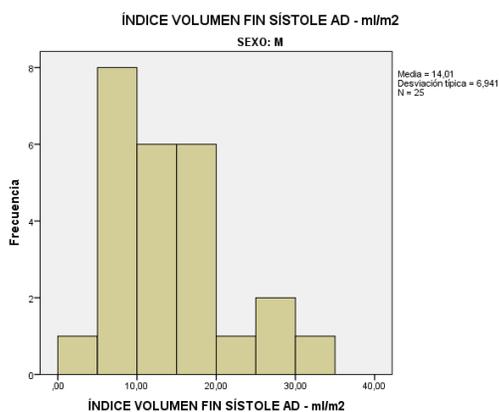


Figura 44.b. Índice de volumen de fin de sístole de AD en hombres.



Fracción de eyección de aurícula derecha. (Figuras 45.a., 45.b. y 45.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la fracción de eyección tuvo un promedio de 47% con una desviación estándar de +/- 10%.

Al comparar por sexo el promedio en mujeres fue mayor siendo de 50%. En hombres fue de 45%. Desviación estándar de 11% en mujeres y 8% en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en la fracción de eyección de AD están entre 31.5 y 67.5 % en mujeres y entre 30.6 y 56.4 % en hombres.

Figura 45.a. Comparación según sexo de la fracción de eyección de la aurícula derecha.

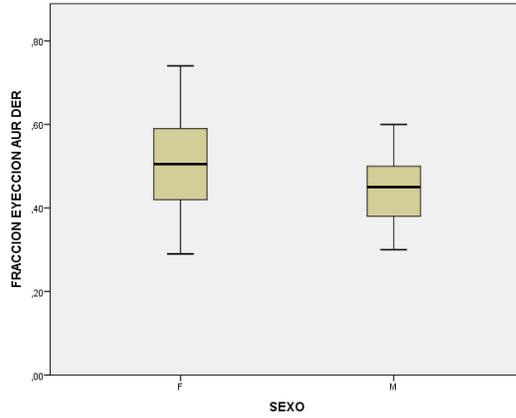


Figura 45.b. Fracción de eyección de AD en sexo femenino.

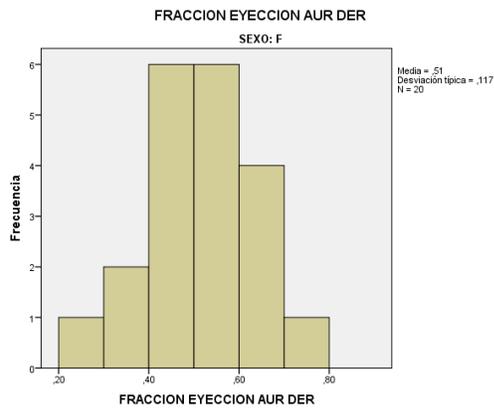
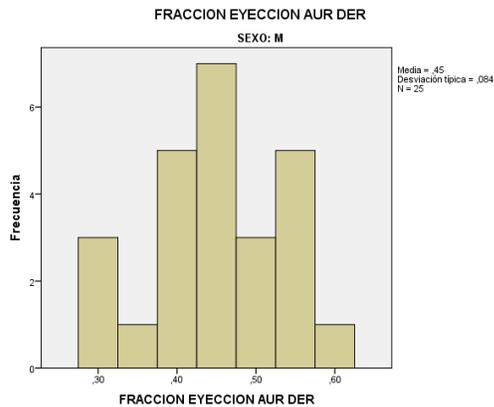


Figura 45.c. Fracción de eyección de AD en sexo masculino.



Plano valvular aórtico. (Figuras 46.a. y 46.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el plano valvular aórtico tuvo un promedio de 20 mm con una desviación estándar de +/- 5.3 mm.

Al comparar por sexo el promedio del plano valvular aórtico en mujeres fue mayor que en hombres siendo de 23.9 mm. En hombres fue de 17.8 mm. Desviación estándar de 2.5 mm en mujeres y 5.5 mm en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el plano valvular aórtico están entre 19 y 27 mm en mujeres y entre 10 y 26 mm en hombres.

Figura 46.a. Plano valvular aórtico en sexo femenino.

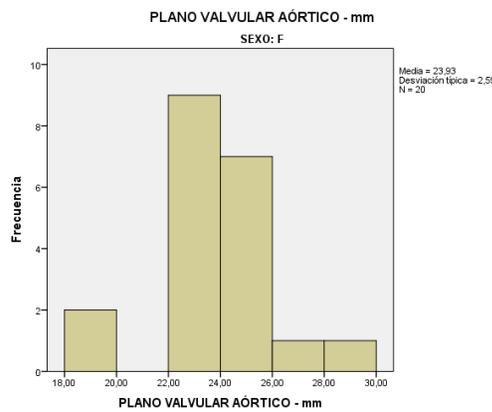
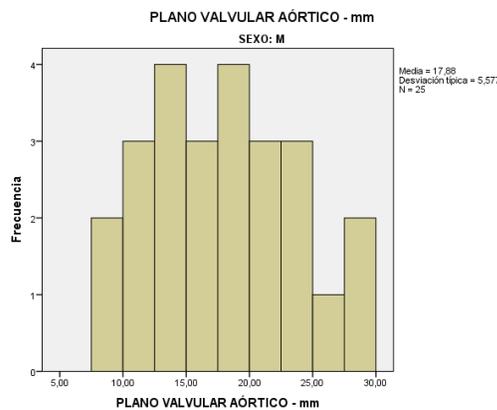


Figura 46.b. Plano valvular aórtico en sexo masculino.



Senos de Valsalva. (Figuras 47.a. y 47.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos los Senos de Valsalva tuvieron un promedio de 17 mm con una desviación estándar de +/- 5.0 mm. Mediana de 20 mm y rango de 19.4 mm.

Al comparar por sexo el promedio de los Senos de Valsalva en mujeres fueron mayores que en hombres siendo de 17.2 mm. En hombres fue de 18.4 mm. Desviación estándar de 4.8 mm en mujeres y 5.2 mm en hombres.

Mediana en mujeres de 20 mm y en hombres de 20 mm.

Rango de 16.4 mm y 19.4 mm respectivamente en el sexo femenino y masculino.

El 80 % de las medidas obtenidas en los Senos de Valsalva están entre 10 y 22 mm en mujeres y entre 9 y 23 mm en hombres.

Figura 47.a. Diámetro de los Senos de Valsalva en mujeres.

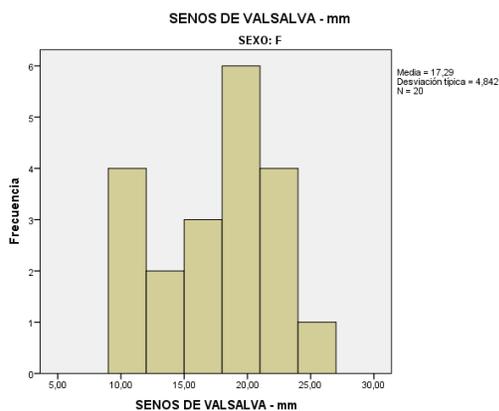
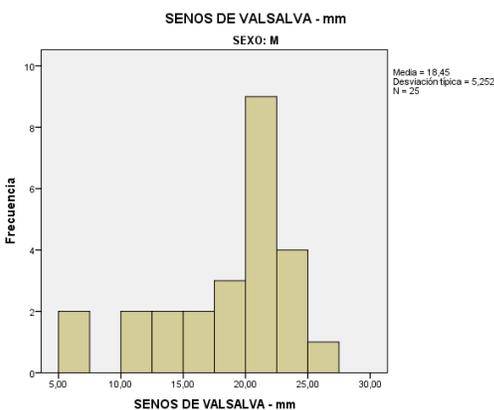


Figura 47.b. Diámetro de los Senos de Valsalva en hombres.



Aorta ascendente. (Figuras 48.a., 48.b. y 48.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la aorta ascendente tuvo un promedio de 24 mm con una desviación estándar de +/- 2 mm.

Al comparar por sexo el promedio de la aorta ascendente en mujeres fue menor que en hombres siendo de 23.8 mm. En hombres fue de 24.8 mm. Desviación estándar de 3 mm en mujeres y 2.4 mm en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en la aorta ascendente están entre 2.0 y 2.8 cm en mujeres y entre 2.0 y 2.8 cm en hombres.

Figura 48.a. Comparación por sexo del diámetro de la aorta ascendente.

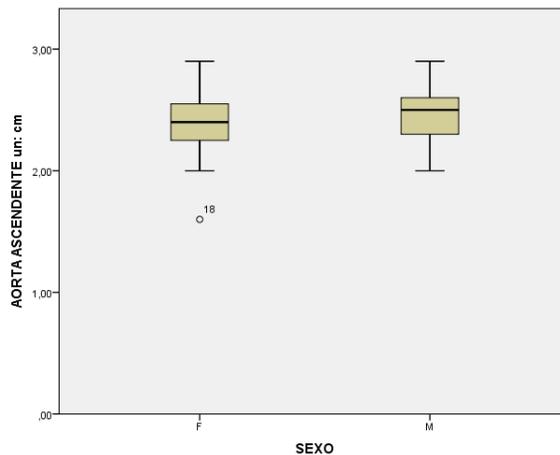


Figura 48.b. Diámetro de aorta ascendente en sexo femenino.

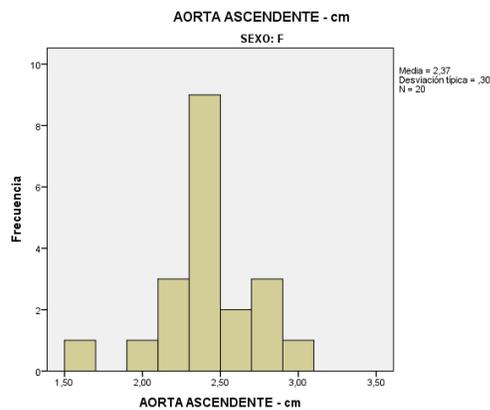
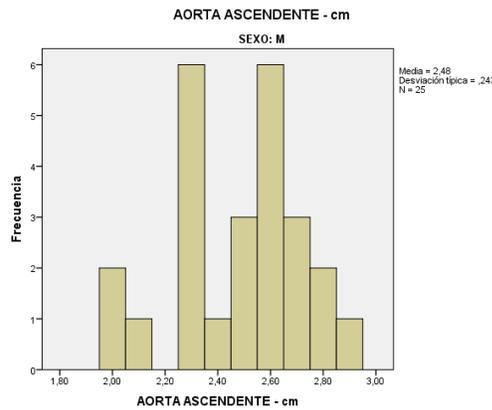


Figura 48.c. Diámetro de aorta ascendente en sexo masculino.



Arco aórtico. (Figuras 49.a., 49.b. y 49.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos el arco aórtico tuvo un promedio de 19 mm con una desviación estándar de +/- 2.1 mm.

Al comparar por sexo el promedio del arco aórtico en mujeres fueron menores que en hombres siendo de 19 mm. En hombres fue de 20 mm. Desviación estándar de 2 mm en mujeres y 2 mm en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el arco aórtico están entre 1.7 y 2.3 cm en mujeres y entre 1.7 y 2.3 cm en hombres.

Figura 49.a. Diámetro del arco aórtico comparando según sexo.

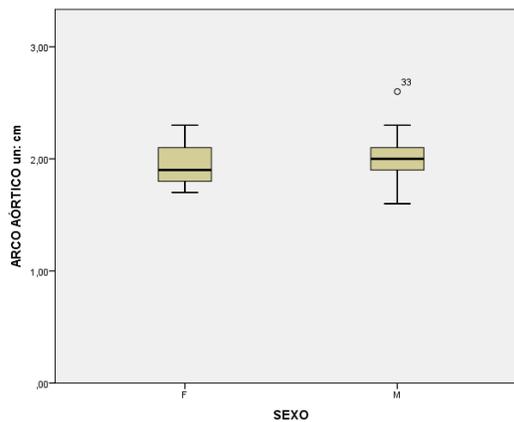


Figura 49.b. Diámetro del arco aórtico en mujeres.

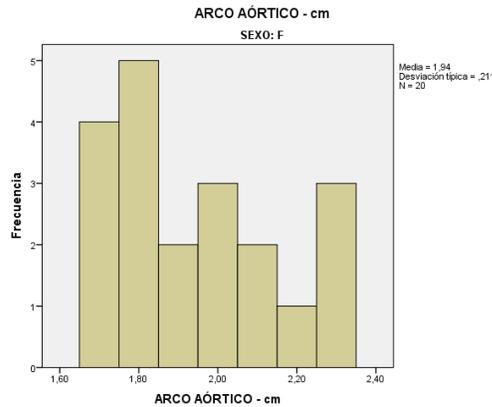
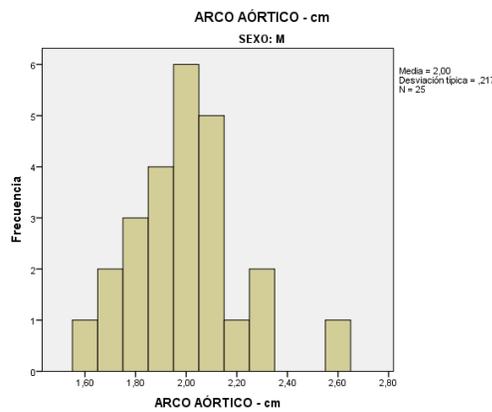


Figura 49.c. Diámetro del arco aórtico en hombres.



Aorta descendente. (Figuras 50.a., 50.b. y 50.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la aorta descendente tuvo un promedio de 19 mm con una desviación estándar de +/- 2.1 mm.

Al comparar por sexo el promedio de la aorta descendente en mujeres fue menor que en hombres siendo de 17 mm. En hombres fue de 19 mm. Desviación estándar de 1.8 mm en mujeres y 1.9 mm en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el segmento descendente de la aorta torácica están entre 1.6 y 2.0 cm en mujeres y entre 1.8 y 2.2 cm en hombres.

Figura 50.a. Comparación por sexo de la aorta descendente.

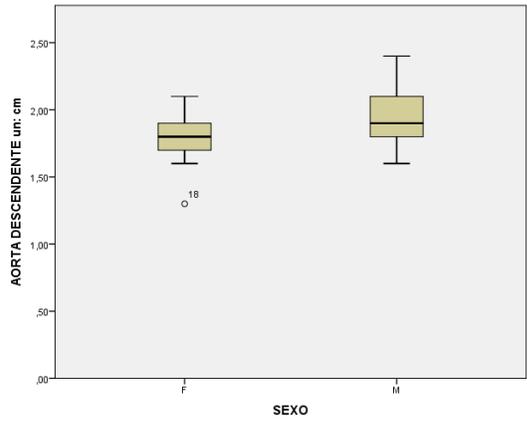


Figura 50.b. Diámetro de la aorta descendente en sexo femenino.

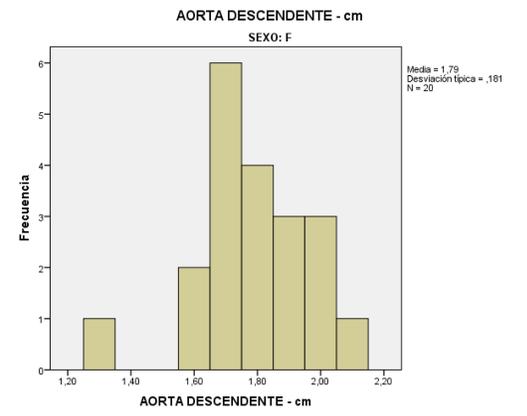
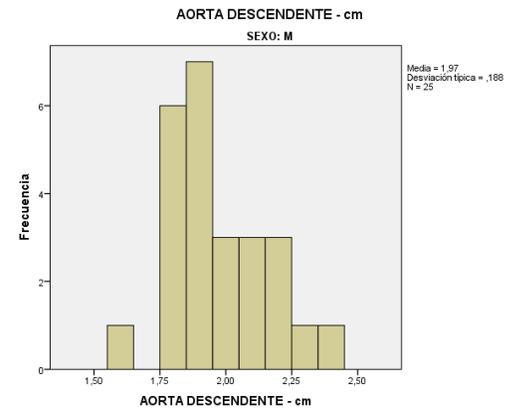


Figura 50.c. Diámetro de la aorta descendente en sexo masculino.



Tronco principal de la arteria pulmonar. (Figuras 51.a. y 51.b.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la arteria pulmonar principal tuvo un promedio de 22 mm con una desviación estándar de +/- 2.5 mm.

Al comparar por sexo el promedio de arteria pulmonar principal en mujeres fue menor que en hombres siendo de 21 mm. En hombres fue de 22 mm. Desviación estándar de 2.1 mm en mujeres y 2.9 mm en hombres.

El 80 % de las medidas obtenidas en el tronco principal de la arteria pulmonar están entre 1.9 y 2.5 cm en mujeres y entre 1.9 y 2.7 cm en hombres.

Figura 47.a. Diámetro de la arteria pulmonar principal en mujeres.

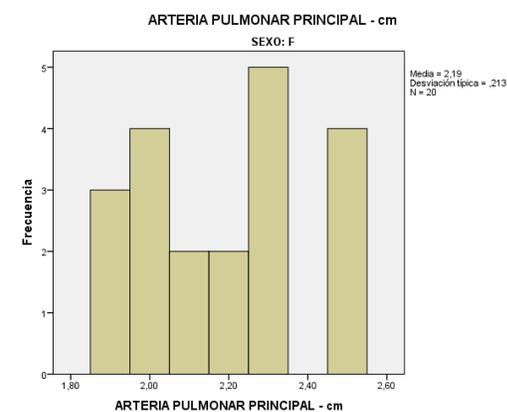
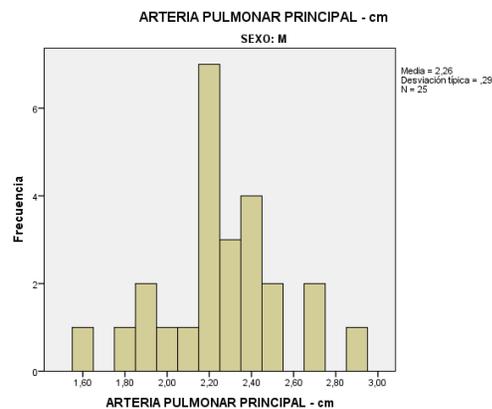


Figura 47.b. Diámetro de la arteria pulmonar principal en hombres.



Arteria pulmonar derecha. (Figuras 48.a., 48.b. y 48.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la arteria pulmonar derecha tuvo un promedio de 15 mm con una desviación estándar de +/- 2.4 mm. Mediana de 15 mm y rango de 12 mm.

Al comparar por sexo el promedio de la arteria pulmonar derecha en mujeres fue menor que en hombres siendo de 14 mm. En hombres fue de 16 mm. Desviación estándar de 1.6 mm en mujeres y 2.7 mm en hombres.

Mediana en mujeres de 15 mm y en hombres de 16 mm.

Rango de 5 mm y 11 mm respectivamente en el sexo femenino y masculino.

El 80 % de las medidas obtenidas en la arteria pulmonar derecha están entre 1.2 y 1.6 cm en mujeres y entre 1.4 y 2.0 cm en hombres.

Figura 48.a. Comparación por sexo de la arteria pulmonar derecha.

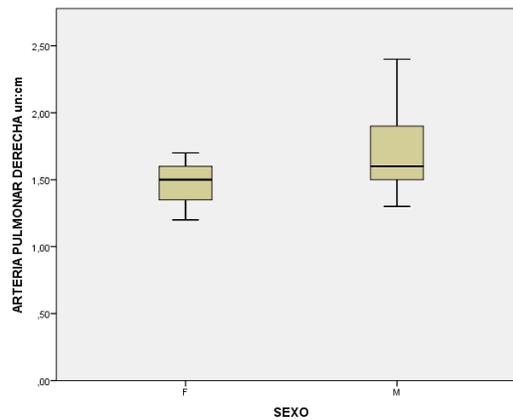


Figura 48.b. Arteria pulmonar derecha en sexo femenino.

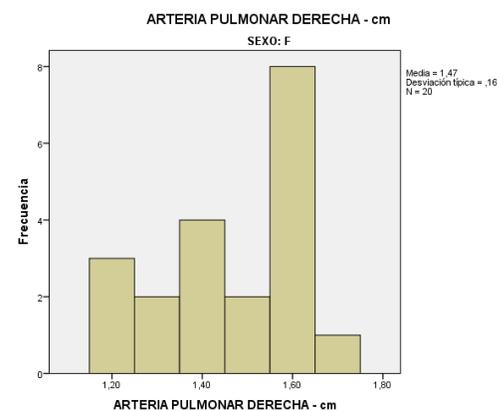
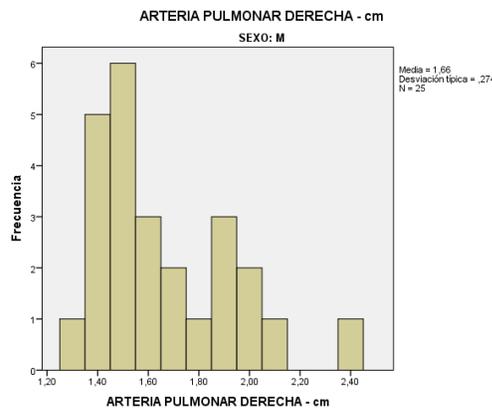


Figura 48.c. Arteria pulmonar derecha en sexo masculino.



Arteria pulmonar izquierda. (Figuras 49.a., 49.b. y 49.c.).

En el grupo total de 45 adultos sanos la arteria pulmonar izquierda tuvo un promedio de 15 mm con una desviación estándar de +/- 1.9 mm. Mediana de 15 mm y rango de 11 mm.

Al comparar por sexo el promedio de la arteria pulmonar izquierda en mujeres fue menor que en hombres siendo de 15 mm. En hombres fue de 16 mm. Desviación estándar de 1.9 mm en mujeres y 1.8 mm en hombres.

Mediana en mujeres de 15 mm y en hombres de 16 mm.

Rango de 8 mm y 8 mm respectivamente en el sexo femenino y masculino.

El 80 % de las medidas obtenidas en la arteria pulmonar izquierda están entre 1.2 y 1.8 cm en mujeres y entre 1.5 y 1.9 cm en hombres.

Figura 49.a. Comparación por sexo del diámetro de la arteria pulmonar izquierda.

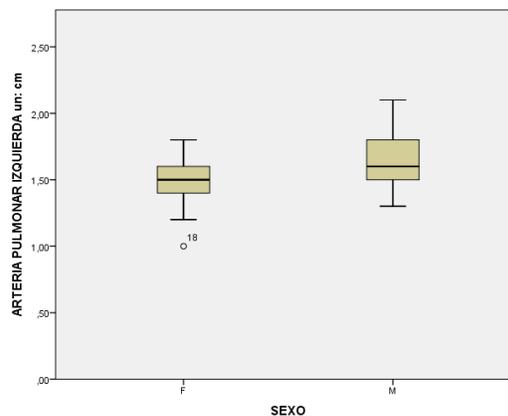


Figura 49.b. Arteria pulmonar izquierda en sexo femenino.

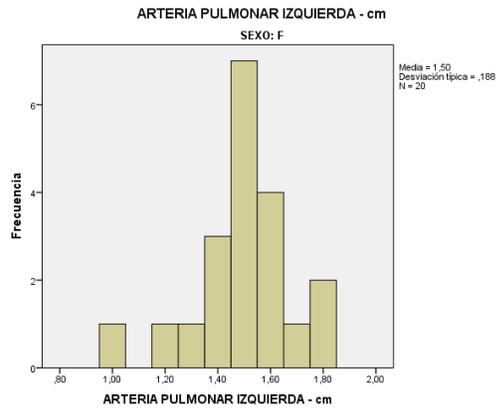
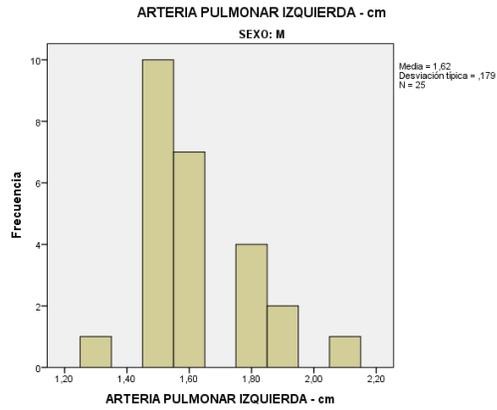


Figura 49.c. Arteria pulmonar izquierda en sexo masculino.



Discusión

Aunque la realización de éste estudio tuvo como limitación que se contó con una muestra por conveniencia compuesta por estudiantes y empleados de la Clínica Universitaria Colombia que aceptaron hacer parte del estudio en forma voluntaria si podemos decir que son adultos sanos que viven en la ciudad de Bogotá llamando la atención que hay algunos valores obtenidos que son distintos a los referenciados en la literatura internacional.

Las medidas obtenidas en esta primera fase del estudio demuestran que el volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo de la muestra estudiada fue menor a la reportada en estudios de referencia internacionales. El promedio obtenido en mujeres fué 62 ml +/- 7.1 y en hombres fué 65 ml +/- 11.2 observando menor volumen respecto a lo reportado por Hudsmith (135 ml +/- 26 y 160 ml +/- 29 respectivamente) (8), Maceira (128 ml +/- 21 y 156 +/- 21 respectivamente) (48) y Kawel-Boehm (132 ml +/- 23 y 160 +/- 27 en mujeres y hombres respectivamente) (7).

También el volumen de fin de sístole del ventrículo izquierdo resultó menor al referenciado encontrando 40 ml +/- 7.1 en mujeres y 44 ml +/- 13.5 en hombres respecto a lo reportado por Hudsmith (42 ml +/- 12 y 50 ml +/- 16 respectivamente) (8), Maceira (42 ml +/- 10 y 53 ml +/- 11 respectivamente) (48) y Kawel-Boehm (44 ml +/- 11 y 54 ml +/- 14 respectivamente) (7).

El volumen latido del ventrículo izquierdo también fue menor al observado en estudios de referencia. Fue encontrado en 61 ml +/- 9 en mujeres y en 71 ml +/- 18 en hombres. En el estudio de Hudsmith (8) se encontró 91 ml +/- 17 en mujeres y en 112 ml +/- 19 en hombres. Reportes similares fueron más altos en los estudios de Maceira (48) y Kawel-Boehm (7).

La masa del ventrículo izquierdo encontrada aquí se cuantificó en 68 gr +/- 27 en mujeres y en 90 +/- 17 en mujeres siendo menor a lo reportado por Hudsmith (148 gr +/- 35 en mujeres y 190 gr +/- 33 en hombres) (8), Maceira (126 gr +/- 21 y 163 gr +/- 25 respectivamente) y Kawel-Boehm (139 gr +/- 31 y 184 gr +/- 33 en mujeres y hombres).

La fracción de eyección hallada en este estudio se encontró en 60 % +/- 5 en mujeres y 62 % +/- 9 en hombres la cuál es similar a lo reportado en los estudios de Hudsmith (), Maceira () y Kawel-Boehm.

Hallazgos similares fueron encontrados en el ventrículo derecho. El volumen diastólico final fue de 81.8 ml +/- 14.6 en mujeres y de 100 ml +/- 24.8 en hombres que es menor a lo encontrado en los estudios de referencia de Hudsmith (148 ml +/- 35 y 190 ml +/- 33 respectivamente) (8), Maceira (126 ml +/- 21 y 163 ml +/- 25 en mujeres y en hombres) (48) y Kawel-Boehm (139 ml +/- 31 en mujeres y 184 ml +/- 33 en hombres) (7).

El volumen de fin de sístole encontrado en mujeres fue de 38 ml +/- 15 y en hombres 57 ml +/- 21 siendo menor a lo encontrado por Hudsmith (56 ml +/- 18 y 78 ml +/- 20 respectivamente) (8) y Kawel-Boehm (54 ml +/- 15 en mujeres y 79 ml +/- 19 en hombres)(7).

El volumen latido es menor en esta fase del estudio respecto a los estudios de referencia. 43 ml +/- 16 en mujeres y 44 ml +/- 16 en hombres. Hudsmith reportó 90 ml +/- 19 en mujeres y 113 +/- 19 en hombres (8). Maceira encontró 83 ml +/- 13 en mujeres y 106 +/- 17 en hombres (48) y Kawel-Boehm 84 ml +/- 18 en mujeres y 106 ml +/- 19 en hombres (7).

La fracción de eyección encontrada en mujeres fue de 53 % +/- 17 y 45 % +/- 12 en hombres la cual es menor, teniendo en cuenta el promedio, a la encontrada en estos estudios de referencia mencionados anteriormente. Hudsmith (8) 63 % +/- 5 en mujeres y 59 % +/- 6 en hombres. Maceira (48) 66 % +/- 6 en ambos sexos y Kawel-Boehm (8) 61 % +/- 5 en ambos sexos.

También es menor el volumen de fin de diástole de la aurícula izquierda respecto a esos estudios. En mujeres se encontró 50 ml +/- 12.7 y en hombres 49 ml +/- 19. Hudsmith (8) y Kawel-Boehm (7) reportan iguales resultados en esta variable.

Las medidas encontradas en los grandes vasos supracardiacos no tienen variaciones significativas con estudios de referencia.

Observando las anteriores medidas y siendo ésta una fase inicial del estudio se podría inferir que posiblemente debido a efectos de la aclimatación crónica por la altura en la

ciudad de Bogotá hay cambios hemodinámicos en el corazón que permiten suponer que el cuerpo humano necesitaría un menor volumen sanguíneo para transportar oxígeno a los tejidos debido a la mayor concentración de éste en esta altitud. Es decir, menor volumen sanguíneo para igual funcionamiento cardíaco que se traduce en similares valores de fracción de eyección en las cavidades.

Es muy interesante que hasta ahora hayamos encontrado cambios principalmente en los volúmenes de las cavidades cardíacas respecto a los estudios de referencia.

Aunque hay bastantes estudios refiriéndose a los cambios fisiológicos del cuerpo humano a la altura es importante ahondar más en los cambios hemodinámicos que pueden ocurrir en el corazón. Éste estudio pretende ser un paso para que aprovechando nuestro ambiente natural en Bogotá y, usando la resonancia magnética que es un método que tiene mayor resolución como imagen poder caracterizar adecuadamente las cavidades cardíacas y, así comenzar a entender que cambios pueden existir en la función cardíaca cuantificando volúmenes y otros parámetros que nos ayuden a entender fenómenos fisiopatológicos cardiovasculares.

Conclusiones

1. Encontramos disminución en los volúmenes de fin de diástole, de fin de sístole y de latido respecto a bibliografía de referencia.
2. Estas medidas en forma rutinaria se deben usar de acuerdo a al género. Se deben usar como medidas de referencia distintas las de hombres y las de mujeres.
3. Este trabajo es preliminar y estamos concientes de necesitar la colaboración de más individuos para lograr mayor robustez estadística.
4. La mayor cantidad de medidas tienen histogramas simétricos con algunas excepciones puntuales ocasionales.
5. Podríamos inferir que los cambios hallados en las variables cuantificadas hasta ahora pueden deberse a cambios fisiológicos crónicos por aclimatación a la altura. Aunque no descartamos otra causa como podrían ser variables antropométricas.
6. La resonancia magnética cardiaca permite cuantificar algunas medidas que no son halladas en estudios con otros métodos de imagen como los de las cavidades derechas cuya difícil geometría no hacen sencillo su estudio.
7. En vista de los resultados obtenidos es obligatorio hallar valores de referencia locales que puedan ser aplicados a nuestros pacientes en estudio de patología cardiaca.

Tabla 1. Medidas lineales y volumétricas del ventrículo izquierdo en ambos sexos.

	DESV		COEF.
	ESTANDAR	MEDIA	VARIACION
PARED ANTERIOR VI - cm	0,17	0,66	25,61
PARED POSTERIOR VI - cm	0,18	0,62	29,70
SEPTUM VENTRICULAR - mm	2,01	8,76	22,92
PARED LIBRE VI - mm	1,48	6,66	22,23
DIÁMETRO DIASTÓLICO VI - cm	0,57	5,36	10,59
DIÁMETRO SISTÓLICO VI - cm	0,50	3,49	14,48
FRACCIÓN DE ACORTAMIENTO VI - %	0,10	0,38	26,78
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE VI - ml	9,67	64,30	15,04
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE VI - ml/m ²	8,98	25,92	34,65
VOLUMEN FIN SÍSTOLE VI - ml	11,25	43,15	26,06
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE VI - ml/m ²	8,16	39,36	20,73
VOLUMEN DIASTÓLICO EPICÁRDICO VI - ml	37,40	185,73	20,14
VOLUMEN SISTÓLICO EPICÁRDICO VI - ml	31,18	122,34	25,49
VOLUMEN LATIDO VI -ml	15,99	67,04	23,85

ÍNDICE VOLUMEN LATIDO VI - ml/m2	8,46	39,31	21,51
MASA DIÁSTOLE VI - gr	25,21	80,82	31,19
MASA SÍSTOLE VI - gr	24,00	82,98	28,92
FRACCIÓN EYECCIÓN VI - %	0,08	0,61	12,70
ÍNDICE CARDIACO - l/min/m2	0,60	2,55	23,57
GASTO CARDIACO - lt/min	1,06	4,39	24,14

Tabla 2. Medidas lineales y volumétricas del ventrículo derecho en ambos sexos.

	DESV. ESTANDAR	MEDIA	COEF. VARIACION
EJE MENOR VD - cm	0,48	3,75	12,83
VOLUMEN DIASTÓLICO VD - ml	22,73	92,16	24,66
ÍNDICE VOLUMEN DIASTÓLICO VD - ml/m2	11,50	53,18	21,62
VOLUMEN SISTÓLICO VD - ml	21,45	48,88	43,89
ÍNDICE VOLUMEN SISTÓLICO VD - ml/m2	9,81	28,00	35,05
VOLUMEN LATIDO VD - ml	16,59	44,21	37,52
ÍNDICE VOLUMEN LATIDO VD - ml/m2	10,91	26,51	41,16
FRACCIÓN EYECCIÓN VD - %	0,15	0,48	31,08

Tabla 3. Medidas lineales y volumétricas de aurícula izquierda en ambos sexos.

	DESV. ESTANDAR	MEDIA	COEF. VARIACION
EJE MENOR AI - mm	6,49	40,36	16,07
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AI - ml	16,36	49,70	32,91
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AI - ml/m ²	9,05	28,84	31,37
VOLUMEN FIN SÍSTOLE AI - ml	8,09	23,53	34,39
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE AI - ml/m ²	4,34	13,60	31,90
FRACCIÓN EYECCIÓN AI - %	0,08	0,52	14,95

Tabla 4. Medidas lineales y volumétricas de aurícula derecha en ambos sexos.

	DESV. ESTANDAR	MEDIA	COEF. VARIACION
EJE MENOR AD - mm	6,24	41,82	14,93
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AD - ml	21,01	46,97	44,74
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AD - ml/m ²	11,59	27,22	42,59
VOLUMEN FIN SÍSTOLE AD - ml	10,93	24,36	44,86
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE AD - ml/m ²	5,89	13,68	43,10
FRACCIÓN EYECCIÓN AD - %	0,10	0,47	21,71

Tabla 5. Medidas lineales de grandes vasos supracardiacos en ambos sexos.

	DESV.	MEDIA	COEF.
	ESTANDAR		VARIACION
SENOS DE VALSALVA - mm	5,05	17,93	28,16
AORTA ASCENDENTE - cm	0,27	2,43	11,25
ARCO AÓRTICO - cm	0,21	1,97	10,83
AORTA DESCENDENTE - cm	0,21	1,89	10,90
ARTERIA PULMONAR PRINCIPAL - cm	0,26	2,23	11,58
ARTERIA PULMONAR DERECHA - cm	0,25	1,57	15,77
ARTERIA PULMONAR IZQUIERDA - cm	0,19	1,57	12,25

Tabla 6. Medidas lineales y volumétricas del ventrículo izquierdo en sexo femenino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
PARED ANTERIOR VI - cm	0,61	0,17	27,87
PARED POSTERIOR VI - cm	0,55	0,16	29,09
SEPTUM VENTRICULAR - mm	8,61	2,21	25,67
PARED LIBRE VI - mm	6,30	1,16	18,41
DIÁMETRO DIASTÓLICO VI - cm	5,28	0,60	11,36

DIÁMETRO SISTÓLICO VI - cm	3,39	0,30	8,85
FRACCIÓN DE ACORTAMIENTO VI - %	0,40	0,11	27,50
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE VI - ml	62,41	7,10	11,38
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE VI - ml/m ²	24,97	4,07	16,30
VOLUMEN FIN SÍSTOLE VI - ml	40,92	7,10	17,35
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE VI - ml/m ²	37,44	5,70	15,22
VOLUMEN DIASTÓLICO EPICÁRDICO VI - ml	162,30	24,24	14,94
VOLUMEN SISTÓLICO EPICÁRDICO VI - ml	104,44	20,15	19,29
VOLUMEN LATIDO VI -ml	61,28	9,85	16,07
ÍNDICE VOLUMEN LATIDO VI - ml/m ²	36,94	6,71	18,16
MASA DIÁSTOLE VI - gr	68,50	27,97	40,83
MASA SÍSTOLE VI - gr	69,40	20,62	29,71
FRACCIÓN EYECCIÓN VI - %	0,60	0,05	8,33
ÍNDICE CARDIACO - l/min/m ²	2,46	0,48	19,51
GASTO CARDIACO - lt/min	4,02	0,78	19,40

Tabla 7. Medidas lineales y volumétricas del ventrículo izquierdo en sexo masculino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
PARED ANTERIOR VI - cm	0,71	0,16	22,54
PARED POSTERIOR VI - cm	0,68	0,18	26,47
SEPTUM VENTRICULAR - mm	8,88	1,86	20,95
PARED LIBRE VI - mm	6,96	1,66	23,85
DIÁMETRO DIASTÓLICO VI - cm	5,43	0,55	10,13
DIÁMETRO SISTÓLICO VI - cm	3,56	0,62	17,42
FRACCIÓN DE ACORTAMIENTO VI - %	0,37	0,09	24,32
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE VI - ml	65,81	11,23	17,06
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE VI - ml/m ²	26,68	11,55	43,29
VOLUMEN FIN SISTOLE VI - ml	44,94	13,58	30,22
ÍNDICE VOLUMEN FIN SISTOLE VI -ml/m ²	40,89	9,53	23,31
VOLUMEN DIASTÓLICO EPICÁRDICO VI - ml	204,48	35,72	17,47
VOLUMEN SISTÓLICO EPICÁRDICO VI - ml	136,66	31,32	22,92

VOLUMEN LATIDO VI - ml	71,64	18,50	25,82
ÍNDICE VOLUMEN LATIDO VI - ml/m ²	41,21	9,33	22,64
MASA DIÁSTOLE VI - gr	90,68	17,82	19,65
MASA SÍSTOLE VI - gr	93,84	21,04	22,42
FRACCIÓN EYECCIÓN VI - %	0,62	0,09	14,52
ÍNDICE CARDIACO - l/min/m ²	2,63	0,69	26,24
GASTO CARDIACO - lt/min	4,69	1,17	24,95

Tabla 8. Medidas lineales y volumétricas del ventrículo derecho en sexo femenino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
EJE MAYOR VD - cm	7,00	0,67	9,57
EJE MENOR VD - cm	3,55	0,35	9,86
VOLUMEN DIASTÓLICO VD - ml	81,88	14,66	17,90
ÍNDICE VOLUMEN DIASTÓLICO VD - ml/m ²	49,96	8,33	16,67
VOLUMEN SISTÓLICO VD - ml	38,22	15,91	41,63
ÍNDICE VOLUMEN SISTÓLICO VD - ml/m ²	24,76	8,92	36,03
VOLUMEN LATIDO VD - ml	43,69	16,64	38,09
ÍNDICE VOLUMEN LATIDO VD - ml/m ²	26,70	10,08	37,75

FRACCIÓN EYECCIÓN VD - %	0,53	0,17	32,08
--------------------------	------	------	-------

Tabla 9. Medidas lineales y volumétricas del ventrículo derecho en sexo masculino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
EJE MAYOR VD - cm	7,26	0,83	11,43
EJE MENOR VD - cm	3,91	0,51	13,04
VOLUMEN DIASTÓLICO VD - ml	100,39	24,86	24,76
ÍNDICE VOLUMEN DIASTÓLICO VD - ml/m ²	55,76	13,11	23,51
VOLUMEN SISTÓLICO VD - ml	57,40	21,75	37,89
ÍNDICE VOLUMEN SISTÓLICO VD - ml/m ²	30,60	9,89	32,32
VOLUMEN LATIDO VD - ml	44,62	16,87	37,81
ÍNDICE VOLUMEN LATIDO VD - ml/m ²	26,36	11,74	44,54
FRACCIÓN EYECCIÓN VD - %	0,45	0,12	26,67

Tabla 10. Medidas lineales y volumétricas de aurícula izquierda en sexo femenino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
EJE MAYOR AI - mm	50,77	6,87	13,53
EJE MENOR AI - mm	39,86	6,40	16,06
ÁREA AI - cm ²	18,20	3,63	19,94
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AI - ml	50,57	12,74	25,19
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AI - ml/m ²	30,82	6,97	22,62

VOLUMEN FIN SÍSTOLE AI - ml	22,81	7,55	33,10
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE AI - ml/m ²	13,88	4,15	29,90
FRACCIÓN EYECCIÓN AI - %	0,55	0,08	14,55

Tabla 11. Medidas lineales y volumétricas de aurícula izquierda en sexo masculino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
EJE MAYOR AI - mm	52,30	8,32	15,91
EJE MENOR AI - mm	40,76	6,66	16,34
ÁREA AI - cm ²	17,17	3,85	22,42
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AI - ml	49,00	19,00	38,78
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AI - ml/m ²	27,26	10,28	37,71
VOLUMEN FIN SÍSTOLE AI - ml	24,10	8,61	35,73
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE AI - ml/m ²	13,38	4,56	34,08
FRACCIÓN EYECCIÓN AI - %	0,50	0,07	14,00

Tabla 12. Medidas lineales y volumétricas de aurícula derecha en sexo femenino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
EJE MAYOR AD - mm	42,24	7,33	17,35
EJE MENOR AD - mm	40,82	4,84	11,86
ÁREA AD - cm ²	14,02	3,38	24,11
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AD - ml	44,11	18,53	42,01
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AD - ml/m ²	27,14	10,97	40,42

VOLUMEN FIN SÍSTOLE AD - ml	21,88	8,01	36,61
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE AD - ml/m ²	13,26	4,39	33,11
FRACCIÓN EYECCIÓN AD - %	0,51	0,12	23,23

Tabla 13. Medidas lineales y volumétricas de aurícula derecha en sexo masculino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
EJE MAYOR AD - mm	42,13	8,55	20,29
EJE MENOR AD - mm	42,61	7,17	16,83
ÁREA AD - cm ²	15,12	4,66	30,82
VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AD - ml	49,26	22,92	46,53
ÍNDICE VOLUMEN FIN DIÁSTOLE AD - ml/m ²	27,28	12,29	45,05
VOLUMEN FIN SÍSTOLE AD - ml	26,36	12,61	47,84
ÍNDICE VOLUMEN FIN SÍSTOLE AD - ml/m ²	14,01	6,94	49,54
FRACCIÓN EYECCIÓN AD - %	0,45	0,08	18,76

Tabla 14. Medidas lineales de grandes vasos supracardiacos en sexo femenino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
PLANO VALVULAR AÓRTICO -mm	23,93	2,59	10,82
SENOS DE VALSALVA - mm	17,29	4,84	27,99
AORTA ASCENDENTE - cm	2,38	0,30	12,61
ARCO AÓRTICO - cm	1,95	0,21	10,77
AORTA DESCENDENTE - cm	1,79	0,18	10,06
ARTERIA PULMONAR PRINCIPAL - cm	2,19	0,21	9,59

ARTERIA PULMONAR DERECHA - cm	1,47	0,16	10,88
ARTERIA PULMONAR IZQUIERDA - cm	1,50	0,19	12,67

Tabla 15. Medidas lineales de grandes vasos supracardiacos en sexo masculino.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
PLANO VALVULAR AÓRTICO -mm	17,88	5,58	31,21
SENOS DE VALSALVA - mm	18,45	5,25	28,46
AORTA ASCENDENTE - cm	2,48	0,24	9,68
ARCO AÓRTICO - cm	2,00	0,22	11,00
AORTA DESCENDENTE - cm	1,97	0,19	9,64
ARTERIA PULMONAR PRINCIPAL - cm	2,26	0,29	12,83
ARTERIA PULMONAR DERECHA - cm	1,66	0,27	16,27
ARTERIA PULMONAR IZQUIERDA - cm	1,62	0,18	11,11

Referencias

1. Poppe, Katrina. A meta-analysis of echocardiographic measurements of the left heart for the development of normative reference ranges in a large international cohort: the Echo NORMAL study. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*, 2013.
2. Bellenger NG, Pennell DJ: Ventricular function. In Cardiovascular magnetic resonance. Edited by: Manning WJ, Pennell DJ. Churchill Livingstone, New York, USA; 2002.
3. Grothues F, Smith GC, Moon JCC, Bellenger NG, Collins P, Klein HU, Pennell DJ: Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography in normal subjects and in patients with heart failure or left ventricular.
4. Salton C. Chuang M, Gender Differences and Normal Left Ventricular Anatomy in an Adult Population Free of Hypertension, *Journal of the American College of Cardiology*, 2002
5. Chaustre. Mendoza. L, Marti Bonmati L; Resonancia magnetica del ventriculo izquierdo en sujetos sanos: valores normales de morfologia, funcion, perfusion y viabilidad, Elsevier. 2009
6. Biswas S, Ananthasubramaniam K. Clinical utility of 3D echocardiography for the evaluation of ventricular function. *Cardiology in Review*. 2013; 21: 184-95.
7. Gutierrez-Chico JL, Zamorano JL, Perez de Isla L, Orejas M, Almeria C, Rodrigo JL, et al. Comparison of left ventricular volumes and ejection fractions measured by three-dimensional echocardiography versus by two-dimensional echocardiography and cardiac magnetic resonance in patients with various cardiomyopathies. *Am J Cardiol*. 2005.
8. Kawel-boehm Nadine, Maceira A. Normal Values for Cardiovascular magnetic resonance in adults and children, *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance – 2015*
9. Hudsmith L. Petersen S. Normal human left and right ventricular and left atrial dimensions using steady state free precession magnetic resonance imaging, *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 2005
10. Poppe K, A meta-analysis of echocardiographic measurements of the left heart for the development of normative reference ranges in a large

international cohort: the EchoNoRMAL study, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* (2014)

11. Lorenz CH, Walker ES, Morgan VL, et al. Normal human right and left ventricular mass, systolic function, and gender differences by cine magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson* 1999.
12. Marcus JT, DeWaal LK, Gotte MJW, et al. MRI-derived left ventricular function parameters and mass in healthy young adults: relation with gender and body size. *Int J Card Imaging* 1999.
13. Hendel R, Patel M. Appropriateness Criteria for Cardiac for Cardiac Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *Journal of the American College of Cardiology*. Vol. 48, No. 7, 2006. Octobre 3, 2006: 000 – 000.
14. Melenovsky V, Borlaug BA, Rosen B, Hay I, Ferruci L, Morell CH, Lakatta EG, Najjar SS, Kass DA: Cardiovascular features of heart failure with preserved ejection fraction versus nonfailing hypertensive left ventricular hypertrophy in the urban Baltimore community: the role of atrial remodeling/dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2007, 49:198-207.
15. Dini FL, Cortigiani L, Baldini U, Boni A, Nuti R, Barsotti L, Micheli G: Prognostic value of left atrial enlargement in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy and ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2002, 89:518-23.
16. Meris A, Amigoni M, Uno H, Thune JJ, Verma A, Kober L, Bourqoun M, McMurray JJ, Velazquez EJ, Maggioni AP, Ghali J, Arnold JM, Zelenkofske S, Pfeffer MA, Solomon SD: Left atrial remodelling in patients with myocardial infarction complicated by heart failure, left ventricular dysfunction, or both: the VALIANT Echo study. *Eur Heart J* 2009, 30:56-65.
17. Kizer JR, Bella JN, Palmieri V, Liu JE, Best LG, Lee ET, Roman MJ, Devereux RB: Left atrial diameter as an independent predictor of first clinical cardiovascular events in middle-aged and elderly adults: the Strong Heart Study (SHS). *Am Heart J* 2006, 151:412-8.
18. Nistri S, Olivotto I, Betocchi S, Losi MA, Valsecchi G, Pinamonti B, Conte MR, Casazza F, Galderisi M, Maron BJ, Cecchi F: on behalf of Participating

Centers. Prognostic significance of left atrial size in patients with hypertrophic cardiomyopathy (from the Italian Registry for Hypertrophic Cardiomyopathy). *Am J Cardiol* 2006, 98:960-5.

19. Rossi A, Cicoira M, Florea VG, Golia G, Florea ND, Khan AA, Murray ST, Nguyen JT, O'Callaghan P, Anand IS, Coats A, Zardini P, Vassanelli C, Henein M: Chronic heart failure with preserved left ventricular ejection fraction: diagnostic and prognostic value of left atrial size. *Int J Cardiol* 2006, 110:386-92.
20. Oleaga L. Corazón: lo que el radiólogo debe conocer. En: Tardaguila Montero FM, Ferreiros Dominguez J, editors. Monografía SERAM. *Imagen cardiovascular avanzada: RM y TC*, Vol. 1. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2004.
21. Sandstede J, Lipke C, Beer M, Hofmann S, Pabst T, Kenn W, et al. Age- and gender-specific differences in left and right ventricular cardiac function and mass determined by cine magnetic resonance imaging. *Eur Radiol*. 2000; 10:438–42.
22. M. Maceira, 1 S. K. Prasad,1 M. Khan,2 and D. J. Pennell1. Normalized Left Ventricular Systolic and Diastolic Function by Steady State Free Precession Cardiovascular Magnetic Resonance. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 2006: 417 - 126.
23. Hudsmith LE, Petersen SE, Francis JM, Robson MD, Neubauer S. Normal human left and right ventricular and left atrial dimensions using steady state free precession magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2005; 7:775–82.
24. Maceira AM, Cosin-Sales J, Roughton M, Prasad SK, Pennell DJ. Reference left atrial dimensions and volumes by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2010; 12:65.
25. Wang Z, Reddy G, Gotway MB, et al. CT and MR imaging of pericardial disease. *Radiographics*. 2003; 23; S167-S180.

26. Biswas S, Ananthasubramaniam K. Clinical utility of 3D echocardiography for the evaluation of ventricular function. *Cardiology in Review*. 2013; 21: 184-95.
27. Losi MA, Nistri S, Galderisi M, et al. Echocardiography in patients with hypertrophic cardiomyopathy: usefulness of old and new techniques in the diagnosis and patho-physiological assessment. *Cardiovasc Ultras*. 2010.
28. Soman P, Swinburn J, Callister M, et al. Apical hypertrophic cardiomyopathy: bed-side diagnosis by intravenous contrast echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2001.
29. Grothues F, Smith GC, Moon JCC, Bellenger NG, Collins P, Klein HU, Pennell DJ. Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography in normal subjects and in patients with heart failure or left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 2002; 90:29–34.
30. Sievers B, Addo M, Breuckmann F, Barkhausen J, Erbel R. Reference right atrial function determined by steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2007; 9:807–14.
31. Maceira AM, Cosin-Sales J, Roughton M, Prasad SK, Pennell DJ. Reference right atrial dimensions and volume estimation by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013; 15:29.
32. Kawel N, Turkbey EB, Carr JJ, Eng J, Gomes AS, Hundley WG, et al. Normal left ventricular myocardial thickness for middle-aged and older subjects with steady-state free precession cardiac magnetic resonance: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012; 5:500–8.
33. Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB, et al. European Society of Cardiology; Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel report. *J Cardiovasc Magn Reson* 2004; 6:727–765.
34. Boxt LM. Cardiac MR imaging a guide for the beginner. *RadioGraphics* 1999; 19:1009–1025; discussion.

35. Martin ET, Coman JA, Shellock FG, Pulling CC, Fair R, Jenkins K. Magnetic resonance imaging and cardiac pacemaker safety at 1.5-Tesla. *J Am Coll Cardiol* 2004; 7; 43:1315.
36. Nazarian S, Roguin A, Zviman MM, et al. Clinical utility and safety of a protocol for noncardiac and cardiac magnetic resonance imaging of patients with permanent pacemakers and implantable cardioverter defibrillators at 1.5 Tesla. *Circulation* 2006; 114:1277–1284.
37. Reeder SB, Du YP, Lima JA, Bluemke DA. Advanced cardiac MR imaging of ischemic heart disease. *RadioGraphics* 2001; 21:1047–1074.
38. Kim HW, Klem I, Kim RJ. Detection of myocardial ischemia by stress perfusion cardiovascular magnetic resonance. *Cardiol Clinics* 2007; 25:57–70.
39. Saremi F, Grizzard JD, Kim RJ. Optimizing cardiac MR imaging: practical remedies for artifacts. *RadioGraphics* 2008; 28:1161–1187.
40. Miyazaki M, Lee VS. Nonenhanced MR angiography. *Radiology* 2008; 248:20–43.
41. Alfakih K, Plein S, Thiele H, Jones T, Ridgway JP, Sivananthan MU. Normal human left and right ventricular dimensions for MRI as assessed by turbo gradient echo and steady-state free precession imaging sequences. *J Magn Reson Imaging*. 2003;17:323–9.
42. Hudsmith LE, Petersen SE, Francis JM, Robson MD, Neubauer S. Normal human left and right ventricular and left atrial dimensions using steady state free precession magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2005; 7:775–82.
43. Maceira AM, Prasad SK, Khan M, Pennell DJ. Normalized left ventricular systolic and diastolic function by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2006; 8:417–26.
44. Sievers B, Kirchberg S, Bakan A, Franken U, Trappe HJ. Impact of papillary muscles in ventricular volume and ejection fraction assessment by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2004; 6:9–16.
45. Winter MM, Bernink FJ, Groenink M, Bouma BJ, van Dijk AP, Helbing WA, et al. Evaluating the systemic right ventricle by CMR: the

- importance of consistent and reproducible delineation of the cavity. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2008; 10:40.
46. Sievers B, Kirchberg S, Franken U, Bakan A, Addo M, John-Puthenveetil B, et al. Determination of normal gender-specific left atrial dimensions by cardiovascular magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2005; 7:677–83.
 47. Hudsmith LE, Petersen SE, Francis JM, Robson MD, Neubauer S. Normal human left and right ventricular and left atrial dimensions using steady state free precession magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2005; 7:775–82.
 48. Maceira AM, Cosin-Sales J, Roughton M, Prasad SK, Pennell DJ. Reference left atrial dimensions and volumes by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2010; 12:65.
 49. Sievers B, Addo M, Breuckmann F, Barkhausen J, Erbel R. Reference right atrial function determined by steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2007; 9:807–14.
 50. Maceira AM, Cosin-Sales J, Roughton M, Prasad SK, Pennell DJ. Reference right atrial dimensions and volume estimation by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013; 15:29.
 51. Kawel N, Turkbey EB, Carr JJ, Eng J, Gomes AS, Hundley WG, et al. Normal left ventricular myocardial thickness for middle-aged and older subjects with steady-state free precession cardiac magnetic resonance: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012; 5:500–8.
 52. Dawson DK, Maceira AM, Raj VJ, Graham C, Pennell DJ, Kilner PJ. Regional thicknesses and thickening of compacted and trabeculated myocardial layers of the normal left ventricle studied by cardiovascular magnetic resonance. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2011; 4:139–46.
 53. Turkbey EB, Jain A, Johnson C, Redheuil A, Arai AE, Gomes AS, et al. Determinants and normal values of ascending aortic diameter by age, gender, and race/ethnicity in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *J Magn Reson Imaging*. 2014; 39:360–8.
 54. Davis AE, Lewandowski AJ, Holloway CJ, Ntusi NA, Banerjee R, Nethononda R, et al. Observational study of regional aortic size

referenced to body size: production of a cardiovascular magnetic resonance nomogram. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2014; 16:9.

55. Burman ED, Keegan J, Kilner PJ. Aortic root measurement by cardiovascular magnetic resonance: specification of planes and lines of measurement and corresponding normal values. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2008; 1:104–13.
56. Pennell, D. J., Sechtem, U. P., Higgins, C. B., Manning, W. J., Pohost, G. M., Rademakers, F. E., Yucel, E. K. (2004). Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel report. *European heart journal*, 25(21), 1940-1965.
57. Grothues, F., Moon, J. C., Bellenger, N. G., Smith, G. S., Klein, H. U., & Pennell, D. J. (2004). Interstudy reproducibility of right ventricular volumes, function, and mass with cardiovascular magnetic resonance. *American heart journal*, 147(2), 218-223.
58. Lorenz, C. H., Walker, E. S., Morgan, V. L., Klein, S. S., & Graham, T. P. (1999). Normal human right and left ventricular mass, systolic function, and gender differences by cine magnetic resonance imaging. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 1(1), 7-21.
59. Souto Bayarri, M., García Tahoces, P., Masip Capdevila, L. R., Suárez Cuenca, J. J., Martínez Monzonís, A., & Vidal Carreira, J. J. (2011). Cuantificación semiautomática de la función ventricular izquierda y derecha en resonancia magnética cardíaca. Estudio preliminar. *Radiología*, 53(1), 39-46.
60. Caudron J, Fares J, Bauer F, et al. Evaluation of left ventricular diastolic function with cardiac MR imaging. *Radiographics* 2011; 31: 239-261.
61. GE Healthcare. 510 K. *Notificación previa a la comercialización*. Diciembre 11, 2012.
62. Minguez A. Sistema respiratorio y altura. Actividad física y enfermedades respiratorias. *Revista digital*. 2001. Año 7 – No 42.

Lista de abreviaciones utilizadas

(VI): ventriculo izquierdo, (AI): auricula izquierda, (VD): ventriculo derecho, (AD): auricula derecha, (RMC): resonancia magnetica cardiaca.

Reconocimientos

Esta investigacion fue patrocinada por la clinica universitaria colombiana y especialmente por el departamento de imágenes diagnosticas de la misma, el financiamiento se realizo con recursos del autor principal, no hay conflictos de interes.

Detalles de los autores principales

FHS – diseño del estudio, analisis de las imágenes, selección de datos y procesamiento de los mismos, diseño del manuscrito.

ACD - diseño del estudio, analisis de las imágenes, selección de datos y procesamiento de los mismos, diseño del manuscrito.

IMR – diseño epidemiologico.

Conflictos de interes

Los autores declaran que no existen conflictos de interes, los resultados no favorecen a la industria, no se recibieron recursos externos.

Anexo 1. Carta de aprobación Comité de Ética en Investigación de Fundación Universitaria Sanitas.



CEIFUS 2604 – 15
Bogotá D.C., 26 de Octubre de 2015

Doctores:
FABIÁN MAURICIO HEREDIA
Investigador Principal
Consultorios Clínica Universitaria Colombia
Calle 23 # 66-46 – Consultorio 1121
Ciudad

ANDRÉS MAURICIO CABEZAS
Co-Investigador
Consultorios Clínica Universitaria Colombia
Calle 23 # 66-46 – Consultorio 1121
Ciudad

Ref.: Protocolo Titulado “Índices de normalidad cardiaca en adultos sanos obtenidos por medio de resonancia magnética”

Respetados Doctores:

El día 23 de Octubre de 2015, en la sesión No. 576, se reunió el Comité de Ética en Investigación de la Fundación Universitaria Sanitas, donde se deja constancia de la recepción, evaluación y notificación del protocolo en referencia que se desarrollará bajo su dirección en la Clínica Universitaria Colombia ubicada en la Calle 23 No. 66-46 Consultorio 1121.

- Comunicado del 19 de Octubre de 2015, notificando al CEI aclaración manifestando que la Clínica Universitaria Colombia es el patrocinador económico de los gastos que se deriven del uso del equipo de resonancia magnética para la realización de este proyecto. Este apoyo hace parte de la política de investigación en la Clínica de apoyo a los grupos de investigación.
Se aclara que por la naturaleza del estudio no se considera con riesgo o que haya lugar a eventos adversos asociados al mismo.

Se evalúa durante la sesión y como resultado de la evaluación metodológica ética se aprueban el protocolo y los documentos descritos anteriormente los cuales serán aplicados bajo su dirección en el Centro de Investigación que se encuentra ubicado en la Calle 23 # 66-46.

Para que haya Quórum deben asistir a la sesión cuatro (04) de los siete (07) miembros del Comité de Ética en Investigación de la Fundación Universitaria Sanitas, y en la sesión estuvieron presentes los siguientes miembros

Dr. Edgar Cifuentes Traslaviña – Presidente CEI
Dra. Miriam Consuelo Neira – Secretaria CEI Ad. Hoc
Dr. Héctor Ricardo Jiménez – Miembro Deliberativo
Dr. Carlos Raúl Rey – Miembro Deliberativo
Lic. Martha María Sarralde – Representante de la Comunidad

Anexo 2. Encuesta de enrolamiento y estado de salud

El objetivo de este cuestionario es conocer los problemas sanitarios más importantes que eventualmente puedan estar relacionados con alteraciones estructurales o funcionales del corazón o de otros sistemas que repercutan en este de manera tal que los resultados puedan alterarse.

Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos rellene todo el cuestionario sin omitir información, la información será manejada con total confidencialidad y de forma anónima, los datos personales no serán divulgados con particularidades.

Las siguientes preguntas son de opción múltiple con solamente dos distractores, usted debe escoger únicamente aquella que le convenga más. Marque una sola respuesta a cada pregunta.

Deberá contestar a todas las preguntas en orden, a menos que haya una indicación para saltarse alguna pregunta. No hay buenas ni malas respuestas.

Las preguntas que siguen se refieren a lo que usted piensa sobre su salud. Sus respuestas permitirán saber como se encuentra usted y hasta qué punto es capaz de hacer sus actividades habituales.

Conteste cada pregunta tal como se indica. Si no está seguro/a de como responder a una pregunta, por favor conteste lo que le parezca más cierto.

1. Tiene algún antecedente medico o quirúrgico de importancia

- Si
- No
- Indíquelo:

2. Consume alcohol por lo menos una vez a la semana

- Si
- No

3. Fuma

- Si
- No
- Cuantos cigarrillos al día

4. Toma algún medicamento de forma habitual

- Si
- No
- Indique que medicamento

5. Realiza actividades físicas como parte de su rutina

- Si
- No
- Cuantas veces al mes

6. Existen antecedentes de hipertensión arterial en sus padres o hermanos

- Si
- No

7. Existen antecedentes de enfermedad cardiovascular (infarto, muerte súbita, arritmias de cualquier tipo) en su familia.

- Si
- No
- Que tipo de enfermedad:

8. Sufre de alguna enfermedad alérgica respiratoria con episodios de agudización que se presenten por mas de dos veces en un mes

- Si
- No
- Que enfermedad

9. En su familia en primer grado de consanguinidad (hermanos, hijos o padres) o en usted hay antecedentes de enfermedades como tumores o cáncer

- Si
- No
- Que familiar, que tipo de enfermedad

10. En su familia en primer grado de consanguinidad (hermanos, hijos o padres) o en usted hay antecedentes de enfermedades de tipo autoinmune

- Si
- No
- Que familiar, que tipo de enfermedad

11. Se realiza chequeos médicos de rutina?

- Si
- No
- Indique los hallazgos especiales en los últimos realizados

12. En general, usted diría que su salud es

- Bueno

- Malo

13. Durante las 4 últimas semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas a causa de su salud física?

13.1 Esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores

- Si
- No

13.2 Esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de 1 hora

- Si
- No

13.3 Coger o llevar la bolsa de la compra

- Si
- No

13.4 Subir varios pisos por la escalera

- Si
- No

13.5 Subir un solo piso por la escalera

- Si
- No

13.6 Agacharse o arrodillarse

- Si
- No

13.7 Caminar un kilómetro o más

- Si
- No

13.8 Caminar varias manzanas (varios centenares de metros)

- Si
- No

13.9 Bañarse o vestirse por sus propios medios

- Si
- N

13.10 Ha tenido dolor torácico en las últimas 4 semanas

- Si
- No

13.11 Si ha tenido dolor torácico, este dolor ha dificultado sus actividades diarias?

- Si
- No

Anexo 3. Consentimiento informado.

Titulo del estudio: Valoración funcional cardiaca de adultos sanos colombianos en resonancia magnética cardiaca.

Investigador principal: Dr. Fabián Mauricio Heredia en cabeza del grupo de investigación de imagen corporal y cardioresonancia de clínica Colsanitas.

Documento dirigido a los sujetos voluntarios para la participación en el estudio en mención el cual se llevara a cabo por el departamento de imágenes diagnosticas de la clínica Colsanitas

Introducción: Este estudio se encuentra diseñado y dirigido por la sección de imágenes corporales del departamento de radiología de clínica Colsanitas, en cabeza de este estudio se encuentra el Dr. Fabián Mauricio Heredia quien le invita cordialmente a participar en la investigación que a continuación detallaremos.

Si existen dudas sobre las características y los alcances del estudio todos los miembros del equipo investigador estamos disponibles para resolver cualquier duda.

Propósito: las medidas disponibles sobre la anatomía del corazón obtenidas por medio de resonancia coronaria son muy pocas en Latinoamérica y no existen precedentes de estas en la población colombiana, nuestro propósito es tomar sujetos sanos y empezar a tomar estas medidas para crear unos estándares ajustados a nuestra población.

Tipo de investigación: la investigación se relaciona con medidas de normalidad las cuales serán calculadas y obtenidas por medio de imágenes en resonancia magnética, no existe ninguna intervención invasiva en el proceso.

Selección de participantes: estamos invitando a todos los adultos que no tengan enfermedades y sin antecedentes quirúrgicos o farmacológicos relevantes, lo ideal es tener pacientes sanos.

Participación voluntaria: Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria, usted puede elegir participar o no hacerlo, tanto si elige participar o no continuarán todos los servicios que reciba en esta clínica y nada cambiará. Usted puede cambiar de idea mas tarde y dejar de participar aún cuando haya aceptado antes.

Procedimiento y protocolo: Luego de obtener su aprobación para la participación en el estudio, usted será citado en un horario conveniente y cómodo para usted, en resonancia magnética esperará algún miembro del equipo investigador por usted, le acompañara al resonador, en este momento usted dejará sus objetos metálicos y de valor en un locker, le solicitaran que se quite las prendas que cubren su pecho, le facilitarán una bata la cual debe utilizar durante el examen con la abertura hacia delante, será posicionado en el resonador magnético donde recibirá instrucciones por un parlante alojado dentro de la sala que le indicara en que momento sostener la respiración, el proceso dentro del resonador dura aproximadamente 15 minutos, finalizado el proceso podrá abandonar la institución sin necesidad de observación clínica.

Los resultados obtenidos serán enviados a un sistema de digitalización donde un experto en resonancia cardiaca tomará una serie de medidas de su corazón, estas medidas serán llevadas a una tabla de Excel y posteriormente serán parte de cálculos de medida de tendencia central junto a otras medidas de otros pacientes.

Duración: la duración del procedimiento dentro del resonador desde que usted ingresa hasta que sale de la sala es aproximadamente 20 minutos. El tiempo de recolección de los datos de todos los pacientes es de aproximadamente 3 meses, los resultados de este estudio se divulgaran aproximadamente en Noviembre del 2015.

Efectos secundarios: No existen efectos secundarios descritos con la utilización de resonancia magnética sin contraste, usted no se encuentra expuesto.

Riesgo: Exponerse a esta investigación no provee ningún riesgo a su salud, su participación no aumentara la posibilidad de desenlaces deletéreos, el participar o no conlleva la misma tasa de riesgo.

Molestias: La molestia que más comúnmente se describe es la presencia de sensación de incomodidad al entrar en el resonador por ser un espacio cerrado y relativamente estrecho que puede generar claustrofobia, de ser así el estudio se suspenderá inmediatamente.

Beneficios: los beneficios reales no son personales, son para la comunidad científica quien obtendrá conocimiento en un campo que para nuestra población no ha sido aún explorado. De forma especial, los hallazgos serán útiles para ajustar nuestras medidas de normalidad lo cual será útil en el proceso de diagnóstico y seguimiento terapéutico médico y quirúrgico en otros pacientes.

Confidencialidad: Nosotros no compartiremos la identidad de aquellos que participen en la investigación. La información que recojamos por este proyecto de investigación se mantendrá confidencial, se divulgarán solo los resultados finales. Cualquier información acerca de usted tendrá un número en vez de su nombre, este número no tiene relación con su documento de identificación. Solo los investigadores sabrán cual es su número y se mantendrá la información en total confidencialidad.

Compartiendo los resultados: Al finalizar el estudio, los resultados obtenidos en la investigación se compartirán con usted antes de que se haga disponible al público, no se compartirá información confidencial. Luego de esto nuestros resultados serán divulgados como productos científicos para que otras personas interesadas puedan aprender de nuestra investigación.

Derecho a negarse o retirarse: Usted no tiene porque participar en esta investigación si no desea hacerlo y el negarse a participar no le afectara en ninguna forma a que sea tratado en esta clínica. Usted todavía tendrá todos los beneficios que de otra forma tendría en esta clínica. Puede dejar de participar en la investigación en cualquier momento que desee sin perder sus derechos como paciente aquí. Su tratamiento en esta clínica no será afectado en ninguna forma.

A quien contactar: Si tiene preguntas puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse iniciado el estudio. Si desea hacer preguntas más tarde, puede contactar cualquiera de las siguientes personas que se encuentran con completa disposición en el departamento de imágenes diagnosticas de la Clínica Universitaria Colombia – área de resonancia magnética:

- Fabián Mauricio Heredia (teléfono de contacto: 3132970525 e – mail: fab_heredia@hotmail.com)
- Andres Mauricio Cabezas (teléfono de contacto: 3017825319 e-mail: amcd_7@hotmail.com).

Esta propuesta ha sido revisada y aprobada por el comité de ética medica de la organización sanitas que es un comité cuya tarea es asegurarse de que se protege de daños a los participantes en la investigación.

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO

He sido invitado a participar en la investigación sobre estandarización de medidas de normalidad por medio de resonancia magnética cardíaca, entiendo que debo realizar una visita a la clínica en la cual estaré en un resonador magnético por un tiempo aproximado de 15 minutos, he sido informado de los riesgos mínimos que pueden incluir especialmente sensación de incomodidad dentro del resonador, sé que puede que no haya beneficios para mi persona y no obtendré recompensa económica alguna. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado usando el nombre y la dirección que se me ha dado de esa persona.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mi cuidado médico.

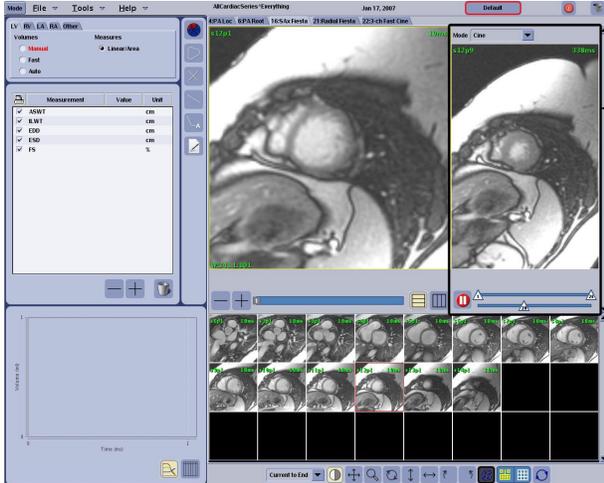
Nombre del Participante _____

Documento de identificación _____

Fecha _____

Anexo 4. Sistema Cardiac VX.

1. Datos crudos.



Fuente: Resonancia realizada por los autores

2. Definición de bordes endocárdicos y epicárdicos.





JAN 18 2013

K121762
Page 1 of 4

GE Healthcare
510(k) Premarket Notification Submission

510(k) Summary

In accordance with 21 CFR 807.92 the following summary of information is provided:

Date: December 11, 2012

Submitter: GE Medical Systems, LLC (doing business as GE Healthcare)
3200 N. Grandview Blvd
Waukesha, WI 53188
FDA Registration Number: 2183553

Primary Contact Person: Michelle Huettner
Regulatory Affairs Leader, MR
GE Medical Systems, LLC (doing business as GE Healthcare)
Phone (262) 521-6102
Fax (262) 546-0902

Secondary Contact Person: Glen Sabin
Regulatory Affairs Director, MR
GE Medical Systems, LLC (doing business as GE Healthcare)
Phone (262) 521-6848
Fax (262) 364-2785

Device Trade Name: CardiacVX

Common/Usual Name: System, image processing, radiological- Picture archiving and communications system.

Classification Names: 21CFR 892.2050

Product Code: LLZ



K121762
Page 2 of 4

GE Healthcare
510(k) Premarket Notification Submission

Predicate Device(s): GE Delta Software Option for MRI (marketed as ReportCARD) (K031927) manufactured by GE
READY View (K110573) manufactured by GE

Device Description: CardiacVX is a post-processing analytical software application, which provides tools for the review and reporting of cardiac MR datasets. Measurement tools on the report interface include: point, distance, area, and volume measurements (including ejection fraction, cardiac output, end-diastolic volume, end-systolic volume, and volume flow measurements). Semi-automatic tools are available for left ventricular contour detection, valve plane detection, vessel contour detection for flow analysis, signal intensity analysis for myocardium and infarct sizing measurement, T2 Star analysis, and patent foramen ovale (PFO) analysis.

Indications for Use: The GE CardiacVX for MRI is an analytical software tool, which provides reproducible tools for the review and reporting of medical images. CardiacVX can import medical images from a MR system and display them in a viewing area on the computer screen. The viewing area allows the access to multiple studies and series of multi-slice, multi-phase images. Multi-phase sequences of images can be displayed in a cine mode to facilitate visualization.

A report input interface is also available. Measurement tools on the report interface make it possible to quickly and reliably fill out a complete clinical report of an imaging exam. Available tools include: point, distance, area, and



GE Healthcare
510(k) Premarket Notification Submission

The results of the measurement tools are interpreted by the physician and can be communicated to referring physicians.

When interpreted by a trained physician these tools may be useful in supporting the determination of a diagnosis.

Technology: The proposed medical device, CardiacVX, employs the same fundamental scientific technology as its predicate devices. The proposed device (CardiacVX) is substantially equivalent to the predicate devices because it is a post-processing software option for use on cardiac MR image datasets.

Determination of Substantial Equivalence: Summary of Non-Clinical Tests:

CardiacVX complies with voluntary standards, including the following process standards: ISO 13485, ISO 14971, and IEC 62304. Because CardiacVX is a software-only application which runs on the Advantage Workstation (AW), there are no applicable mandatory performance standards.

The following quality assurance measures were applied to the development of the system:

- Risk Analysis
- Requirements Reviews
- Design Reviews
- Testing on unit level (Module verification)
- Integration testing (System verification)
- Performance testing (Verification)
- Safety testing (Verification)
- Simulated use testing (Validation)

Summary of Clinical Tests:

The MR acquired clinical images that were used for the completion of verification and validation testing for CardiacVX was obtained from the GE Healthcare facilities under the provisions of a non-significant risk investigation for internal volunteer scanning. In addition,



GE Healthcare
510(k) Premarket Notification Submission

multi-vendor anonymized MR contrast-enhanced images were obtained from a third-party clinical research study.

Conclusion: GE Healthcare considers the CardiacVX application to be as safe, as effective, and performance is substantially equivalent to its predicate devices.