



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA
DR ERNESTO RAMOS BOURS

T E S I S

**COMPARACIÓN DE ECOCARDIOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN REPOSO A UNA
ATMÓSFERA ABSOLUTA ENTRE PERSONAS BUCEADORAS Y NO BUCEADORAS**

**QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y
TERAPÉUTICA**

PRESENTA:

Carlos Enrique Villegas Núñez

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: Dr. Jorge Rubén Bejar Cornejo

Hospital General del Estado de Sonora

COMITÉ TUTOR: M.C. Nohelia Pacheco Hoyos

Hospital General del Estado de Sonora

Dr. Aarón David Luna Espinoza

Hospital General del Estado de Sonora

Dr. Carlos González Becuar

Hospital General del Estado de Sonora

Hermosillo Sonora; octubre de 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

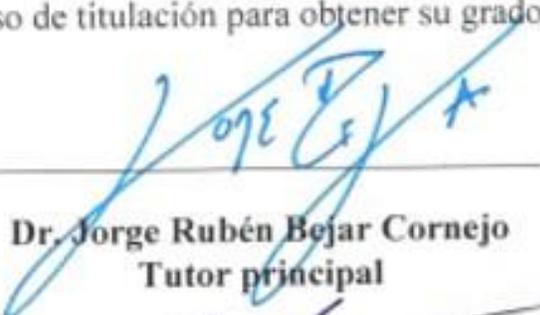
**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DR. ERNESTO RAMOS BOURS
VOTO APROBATORIO DEL COMITÉ DE TESIS**

Hermosillo Sonora a 15 de octubre del 2021

**DR. JOAQUIN SANCHEZ GONZÁLEZ
DIRECTOR MÉDICO; HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DR. ERNESTO
RAMOS BOURS**

A/A: COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Por medio de la presente hacemos constar que hemos revisado el trabajo del médico residente de cuarto año: **Dr. Carlos Enrique Villegas Núñez** de la especialidad en **Imagenología Diagnóstica y Terapéutica**. Una vez revisado el trabajo y tras la evaluación del proyecto por medio de seminarios hemos decidido emitir nuestro **voto aprobatorio** para que el sustentante presente su investigación en su defensa de examen y pueda continuar con su proceso de titulación para obtener su grado de médico especialista.



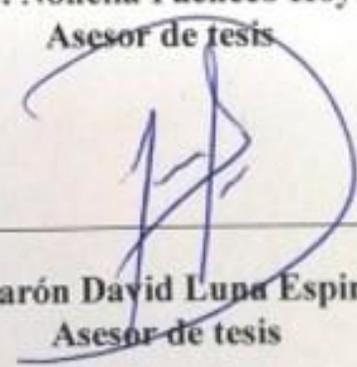
Dr. Jorge Rubén Bejar Cornejo
Tutor principal



Dr. Carlos González Becuar
Asesor de tesis



M.C. Nohelia Pacheco Hoyos
Asesor de tesis



Dr. Aarón David Luna Espinoza
Asesor de tesis

DEDICATORIA:

“A mi familia y a todos quienes me acompañaron en este proceso de crecimiento” ...

INDICE

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS PARTICULARES	12
HIPÓTESIS CIENTÍFICA	13
MARCO TEÓRICO	14
MATERIALES Y MÉTODOS	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
CONCLUSIONES	74
LITERATURA CITADA	75

RESUMEN

La evolución del ultrasonido diagnóstico ha permitido realizar valoraciones estáticas y dinámicas de diversos aparatos, sistemas y órganos de los pacientes en tiempo real para la toma de decisiones terapéuticas a lado de la cama del paciente. Esto aunado a su bajo costo, ausencia de emisión de radiación y portabilidad lo hacen el equipo ideal de exploración en muchos escenarios clínicos, lo cual, incluyendo a los pacientes quienes realizan actividades subacuáticas en la que la población consta de aproximadamente 137,000 buzos certificados en todo el mundo por la Professional Association of Diving Instructors. El uso del ultrasonido diagnóstico en este tipo de población ha sido de utilidad en la atención de primer contacto del paciente crítico, detección de la enfermedad por descompresión o afectaciones crónicas entre ellas del aparato cardiovascular. Sin embargo, no existe literatura precedente de la valoración ecocardiográfica de dichos pacientes en reposo a nivel del mar por lo que no se cuenta con valores de referencia de normalidad en esta población. Se realizó un estudio transversal, observacional y descriptivo con ecocardiografías transtorácicas en reposo a 1 ATM a un grupo de 24 buzos y 5 pacientes no buceadoras encontrando aumento en la masa muscular cardíaca de hasta 229.19% mayor que en el grupo control. Se tuvo un predominio de la remodelación concéntrica cardíaca y que superó incluso a pacientes que realizan atletismo dentro del grupo de los controles. Otros datos que se observaron fueron diametro ventricular izquierdo aumentado, así como de la arteria pulmonar común de calibre aumentado. Se concluyó que existen diferencias cuantitativas entre el grupo de buceadores y el grupo control.

INTRODUCCIÓN

Existen antecedentes del uso del ultrasonido médico por el neurólogo Karl Theodore Dussik en el año de 1942 en la valoración de la presencia de neoplasias cerebrales mediante imágenes estáticas, todo ello a expensas del esfuerzo subsecuente e investigación continua interdisciplinaria con Joseph Holmes y Douglas Howry en Colorado, desarrollando el modo B (Por su abreviación en inglés “Bright”) en el año de 1948. Posteriormente, sucedieron avances tecnológicos que permitieron el diseño de sondas endorrectales y endovaginales por John Reid y John Wild hacia los años 50`s. En el año de 1958 se incorporan dichos conocimientos para su aplicación en obstetricia por el Dr. Ian Donald, esto con imágenes bidimensionales estáticas para ese entonces. En el año de 1965 los ingenieros Walter Krause y Richard Solner desarrollaron la modalidad de imagen B en tiempo real, también llamada “B scan” o rastreo B. Posteriormente hacia el año de 1966 fue posible la valoración de la velocidad de flujo por el Doppler pulsado diseñado por el ingeniero Donald Baker y que en 1975 se incorporó el Doppler mapa de color gracias a Marco Brandestini (BETH W. 2008).

Kasunori Baba desarrolla las primeras imágenes monocromáticas tridimensionales estáticas en 1980. La aparición del Doppler poder (BAKER J. 2008). Para entonces, hacia principios de los 90`s las imágenes tridimensionales monocromáticas eran posibles, sucediendo en la actualidad imágenes tridimensionales en tiempo real con representaciones más amigables color piel o de aspecto cristalino por diversas compañías para la valoración de las estructuras internas (GRISOLIA, G. 2018).

Con el advenimiento de las ondas armónicas fue posible obtener imágenes de mayor resolución, el uso de los diversas modalidades Doppler (espectral, mapa de color, poder,

poder direccional, tisular) así como las reconstrucciones digitales volumétricas en tiempo real y los nuevos métodos de medición para determinar la consistencia tisular con la elastografía, el fibroscan, las cuales son modalidades de imagen capaces de calcular la dureza de un tejido de manera cualitativa, semicuantitativa y cuantitativa, determinando su el pronóstico de una entidad patológica en cuestión (FIBROSCAN 2018) y tomar una desición terapéutica o intervencionista. Los avances tecnológicos en el ultrasonido diagnóstico han permitido su uso en múltiples órganos del cuerpo, de tal manera que se han desarrollado también guías estandarizadas para la valoración cardíaca (ROBERTO M. 2015).

Se ha registrado el uso del ultrasonido diagnóstico en medicina subacuática e hiperbárica en conjunto con un abordaje multidisciplinario. Esto a través de la colaboración con importantes avances en el entendimiento de la fisiología de los sujetos en estudio quienes son sometidos a circunstancias extremas, mediante su monitoreo, valoración y mediciones con equipos ed ultrasonido. Estos equipos están adaptados a dichas condiciones en los que los sujetos se encuentran en situaciones de estrés con fines de investigación (PAUL G. 1998).

ULTRASONIDO EN MEDICINA

El ultrasonido médico tiene una aplicación de carácter multidisciplinario ya que ofrece muchas ventajas por no emitir radiación, exploración en tiempo real con maniobras específicas y de bajo costo. Inicialmente fue usado en las áreas de neurología, ginecología y obstetricia e imagenología diagnóstica. Su uso por diversas especialidades exigen un enrenamiento suficiente y que tomen en cuenta los efectos biofísicos que éste produce (calor, la cavitación, lisis proteica y de reacciones químicas). Por lo que, el principio ALARA (As Low As Reasonable Achievable) es de conocimiento esencial antes de considerar utilizarlo

en los pacientes, el cual su propósito es usarlo hasta lograr el mejor desempeño diagnóstico con el menor riesgo posible (AIUM 2014; 2016; FYCE C.1985, DOUGLAS M. 2012).

El ultrasonido también estudia variables funcionales como el gasto y motilidad cardíacos, las características del flujo sanguíneo y patologías asociadas (obstrucciones, trombosis, fístulas, etc.). También es posible realizar procedimientos mínimamente invasivos como punciones para obtención de material histológico, drenaje de colecciones y administración de medicamentos (RUMACK 2020; TASLAKIAN B. 2016) a lado de la cama del paciente, sin traslados riesgosos asociados a un estado clínico grave del o la paciente, teniendo un gran valor en el uso dentro de la cámara hiperbárica, sujetos sometidos a hipobaría e hiperbaría. Debe tomarse en cuenta que es un método de imagen operador-dependiente. Sin embargo, al realizar un protocolo de exploración estandarizado se obtiene una alta reproducibilidad (POSTAL E. 2018). Un protocolo sistematizado proporciona alto porcentaje de reproducibilidad, múltiples organizaciones han aportado sustancialmente conocimientos y medidas estandarizadas.

ULTRASONIDO EN MEDICINA SUBACUÁTICA

La literatura muestra trabajos acerca del uso del ultrasonido diagnóstico en sujetos (humanos y no humanos) (POWELL M. 1972; MARGARET F. 1973) sometidos a situaciones extremas con equipos de ultrasonido adaptados para soportar dichos cambios atmosféricos (SIEBER 2010), ya sea estando dentro de una cámara hiperbárica, en aeroplanos, durante actividades subacuáticas y posteriores a éstas con ascensos en aeronaves (CIALONI D. 2014). Por lo que en su mayoría, son de índole de investigación de los cuales se derivan conocimientos aplicados a la clínica, sobre todo aquellos relacionados con la presencia de burbujas en el aparato cardiovascular

(dimensiones de las cámaras cardíacas, frecuencia, motilidad y grosor de las paredes del ventrículo izquierdo) (ULRICH W. 1972; LESLEY S. 2014; GERMONPRE P. 2014; BELARDINELLI A. 2008; MARABOTTI C. 2013; ASMUL K. 2017; BOUSSUGES A. 2007).

La bibliografía respecto a su aplicación médica ha sido útil para comprender el comportamiento de los gases en los organismos vivos mediante la valoración de la presencia o ausencia de burbujas en el sistema vascular como la enfermedad por descompresión, con orientación pronóstica y clasificación de severidad mediante el conteo de burbujas detectadas en una ventana cardíaca de cuatro cámaras (POWELL M. 1972; POLLOCK N. 2014; AMA 1973; NISHI R. 1973; HAMILTON R. 1971).

Existe un trabajo en el que se usa el ultrasonido *point of care* en pacientes no buceadores dentro de una cámara hiperbárica para soporte vital, movilidad diafragmática, detección de pneumotórax y valoración de respuesta a administración de volumen con soluciones parenterales con el fin de determinar una conducta terapéutica de manera oportuna (GAWTHROPE I. 2012; FRASSI F. 2008).

Otro antecedente con aplicación en el aspecto vascular fue el de DORMANESH B. en el 2016. En este trabajo se valoró mediante ultrasonido Doppler carotideo y transcraneal, la asociación entre la exposición a ambientes atmosféricos extremos a largo plazo y eventos vasculares cerebrales con aterosclerosis carotidea. Se concluyó que existe un aumento en el grosor de la íntima media carotidea y en el índice carotideo en este grupo en comparación con el grupo no expuesto a cambios de la presión atmosférica.

Las posibilidades de la exploración con ultrasonido son versátiles tanto en la cámara hiperbárica con las modificaciones pertinentes del equipo para adaptarse a las exigencias de

los cambios de presión y prevención de riesgo de explosiones o incendio, ofreciendo una opción más de investigación en este ramo (THAIS R. 2018; MOLLERLOKKEN A. 2016; BOUSSOUGES A. 2007;

MADDEND. 2015; ANZOLA G. 2019).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Una vez tomando en cuenta los antecedentes, observamos que hay muchos trabajos previos en los que se ha demostrado la utilidad del uso del ultrasonido médico diagnóstico en sujetos humanos buceadores sometidos a los cambios de presión atmosférica (MOLLERLOKKEN A. 2016; POWELL M. 1973; SMITH K. 1971; ACKLES K. 2012) principalmente en el estudio de la comprensión del comportamiento de los gases y entidades patológicas, ambas asociadas al aparato cardiovascular. Sin embargo, no existe literatura acerca del estudio del aparato cardiovascular específicamente de la ecocardiográfica transtorácica en reposo en sujetos buceadores que nos proporcione valores de referencia de “normalidad” en cuanto a sus dimensiones, velocidades de flujo, función sistólica y diastólica global en esta población que nos oriente a sospechar alguna anormalidad antes de someterse a dichos cambios de presión atmosférica.

El planteamiento del problema es proponer realizar una valoración ecocardiográfica transtorácica de reposo comparativa entre personas buceadoras y no buceadoras para verificar si existen diferencias cuantitativas entre estos dos grupos y precisar puntos de referencia de normalidad que oriente la conducta de los profesionales de la salud y disciplinas relacionadas ante un escenario determinado del sujeto en cuestión mediante una valoración estandarizada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar una valoración ecocardiográfica transtorácica en reposo comparativa entre personas buceadoras y no buceadoras

OBJETIVOS PARTICULARES

Medir las dimensiones cardíacas y de los grandes vasos mediante ecocardiografía transtorácica en reposo entre personas buceadoras y no buceadoras.

Medir las velocidades de flujo valvulares cardíacos mediante ecocardiografía transtorácica en reposo entre personas buceadoras y no buceadoras.

Valorar la función diastólica y sistólica global cardíaca mediante ecocardiografía transtorácica en reposo entre personas buceadoras y no buceadoras.

Medir la frecuencia cardíaca en reposo mediante ecocardiografía transtorácica entre personas buceadoras y no buceadoras.

Medir la tensión arterial (mmHg) en reposo en ambos grupos con el uso de esfigmomanómetro aneróide.

Medir la frecuencia cardíaca en reposo mediante ecocardiografía transtorácica en ambos grupos mediante el uso de electrocardiograma integrado al ultrasonido.

Medir el gasto cardíaco en reposo mediante ecocardiografía transtorácica en ambos grupos.

HIPÓTESIS CIENTÍFICA

Se espera encontrar que existan diferencias cuantitativas ecocardiográficas en reposo a 1 atmósfera absoluta entre personas buceadoras y no buceadoras.

MARCO TEÓRICO

BASES FÍSICAS DE ULTRASONIDO

Uno de los primeros antecedentes históricos referentes a este tema es el efecto piezoeléctrico descubierto en 1880 por los hermanos Curie, en el que un cristal es deformado, produciendo una polarización eléctrica reversible una vez que el cristal deja de someterse a dicha tensión. En el año 1881 se descubre el efecto piezoeléctrico inverso, en el que el cristal es deformado al ser sometido a una corriente eléctrica (Fig. 1). Dichos fundamentos son utilizados en el ultrasonido médico diagnóstico, en el que el transductor emite vibraciones en altas frecuencias (MHz) para ser reflejadas por los tejidos de vuelta y emitir un impulso eléctrico que es analizado por el procesador de la computadora, proyectando las imágenes en el monitor (PÉREZ M. 2014).

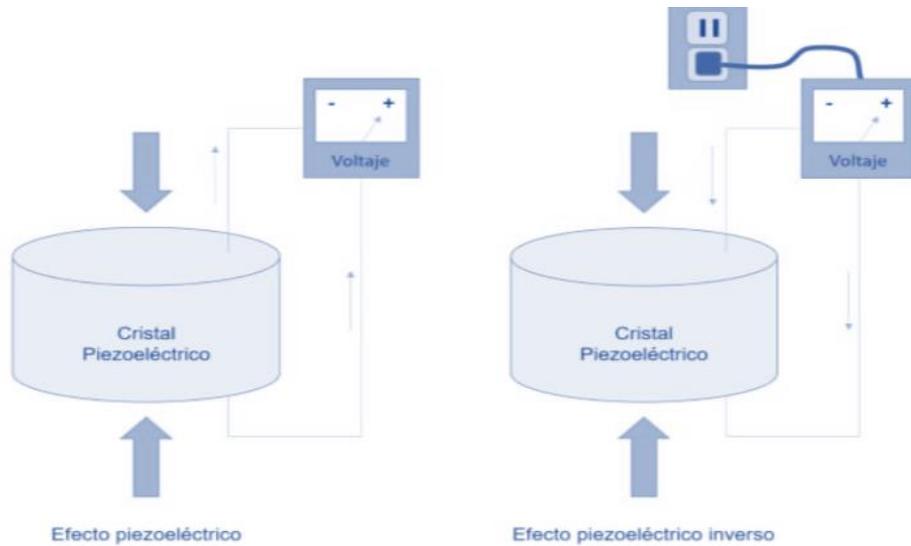


Figura 1. Efecto piezoeléctrico. A) Efecto piezoeléctrico, en donde se produce un voltaje a partir de la deformación del cristal piezoeléctrico. B) Efecto piezoeléctrico inverso, deformación del cristal producido a partir de la aplicación de corriente eléctrica al cristal.

Mediante el efecto piezoeléctrico inverso, es posible utilizar las propiedades de la onda sonora para distintos fines, los más comunes son de carácter diagnóstico y terapéutico, sin embargo, cuando la potencia e intensidad se elevan por tiempo prolongado pueden ocurrir efectos biofísicos como:

Físicos: Producción de calor (el más frecuente); Cavitación. Biológicos: Lisis proteica.

Químicos: Catalizador de reacciones químicas.

El uso prudente del ultrasonido a intensidades diagnósticas (con índice térmico y mecánico inferior a 1 no ha reportado efectos secundarios o adversos hasta el momento. Aunque estos efectos son poco probables, es importante saber que existen.

El haz ultrasónico está conformado por tres zonas: Un campo cercano o llamado campo de Fresnel, punto focal, y campo lejano también llamado Fraunhofer. El punto focal tiene mayor resolución, mientras que el campo lejano posee la menor resolución de las tres zonas.

La calidad del eco dependerá de:

Velocidad del sonido: Dependerá del tejido insonado, siendo en general de 1,540 m/s. para la mayoría de los tejidos blandos (Fig. 2).



Figura 2. Velocidad de propagación. La velocidad depende de las propiedades físicas del medio elástico por el que se transmite la onda ultrasónica.

Ángulo de incidencia: Ángulo formado entre la onda sonora y el ángulo recto imaginario respecto de la interface, entre más se acerque al ángulo recto, mejor es la reflexión y menor la refracción.

Atenuación: Disminución de la intensidad de la onda sonora a lo largo de su transmisión en un medio que son causadas por:

Absorción: Energía que la onda sonora deja a su paso durante su transmisión (La más importante).

Dispersión: Separación en múltiples direcciones de la onda sonora debido a la refracción de esta por las interfaces incididas.

La formación de la imagen en el monitor depende de los ecos registrados por el computador, de acuerdo a la amplitud e intensidad de onda para asignarle un tono de gris y que de acuerdo al tiempo que toma el eco en llegar al transductor. El receptor también le asigna una localización específica en el monitor (Fig. 3) produciendo una imagen de dos dimensiones

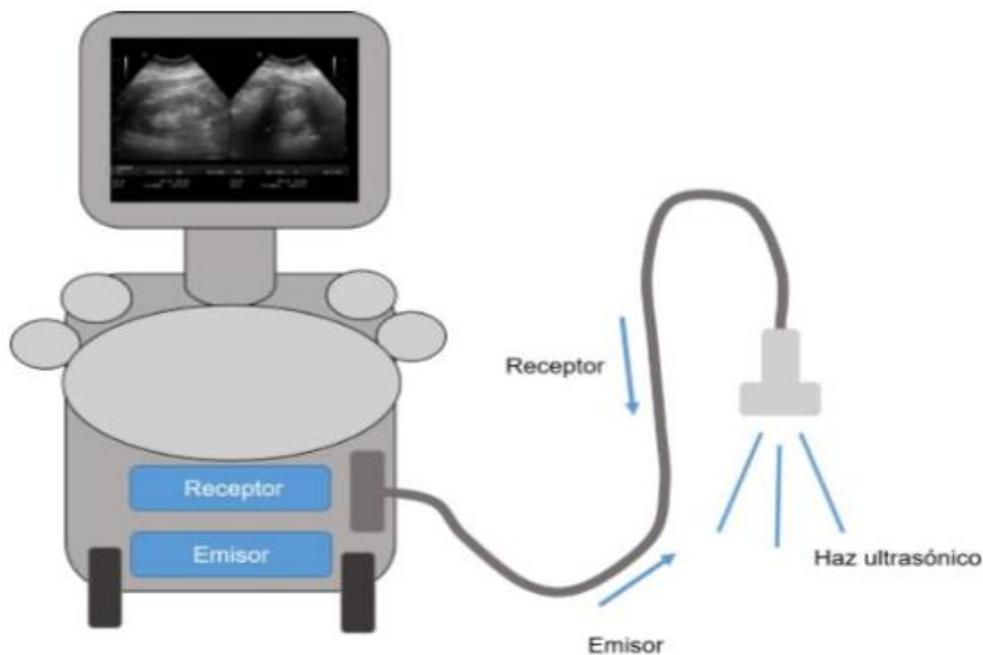


Figura 3. Formación de la imagen de ultrasonido. El emisor envía un impulso eléctrico que deforma el cristal piezoeléctrico, el haz ultrasónico es producido por la sonda y los ecos son analizados en la fase de reposo de la emisión del haz ultrasónico, los cuales son conducidos hacia el receptor, que grafica los ecos asignándoles un tono de gris y profundidad de acuerdo a la intensidad y amplitud de la onda recibida en el tiempo para así representar la imagen en el monitor.

punto por punto. Este proceso se produce una y otra vez a una gran velocidad y el resultado es una imagen en el monitor que puede ser unidimensional, bidimensional o tridimensional, fija o dinámica.

Hay distintos tipos de sondas que emiten el haz ultrasónico, las cuales sus transductores poseen una disposición de fase diferentes, como el transductor lineal, convexo, micro convexo, en fase, etc (Fig. 4). Estas emiten ondas de:

Baja frecuencia: 1MHz.

Mediana frecuencia: 3.5MHz.

Alta frecuencia: 7.5MHz.

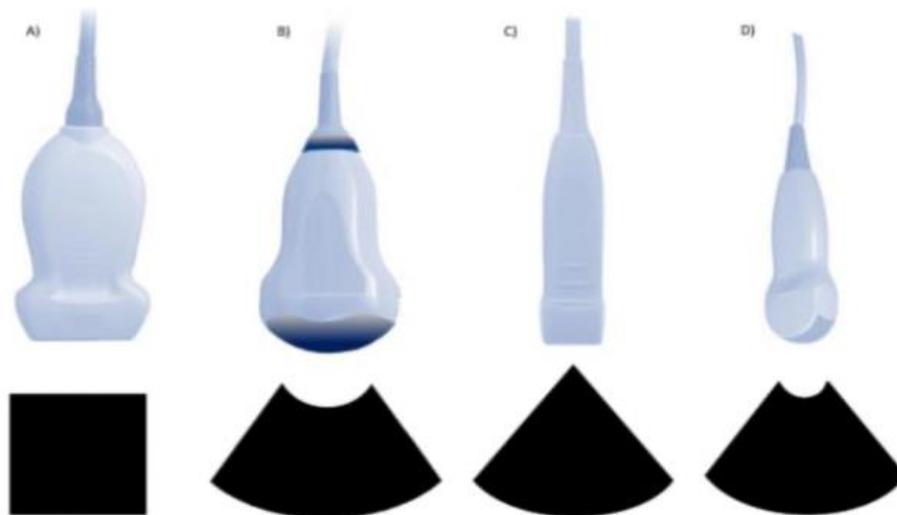


Figura 4. Fases de sondas. A) Lineal. B) Convexa. C) Sectorial. D) Micro convexa. En la parte inferior de la imagen, se pueden observar los campos de visión correspondientes.

La resolución es la capacidad de identificar dos objetos como separados, clasificándose:

Resolución axial: Depende de la frecuencia utilizada.

Resolución lateral: Depende de la fase, disposición o forma de la sonda utilizada.

Entonces, la resolución axial es directamente proporcional a la frecuencia y que, por otro lado, es inversamente proporcional a la penetración de los tejidos, esto por la degradación del haz ultrasónico entre más alta sea su frecuencia (Fig. 5). La resolución lateral es directamente proporcional a la dimensión (grosor) de la fase.

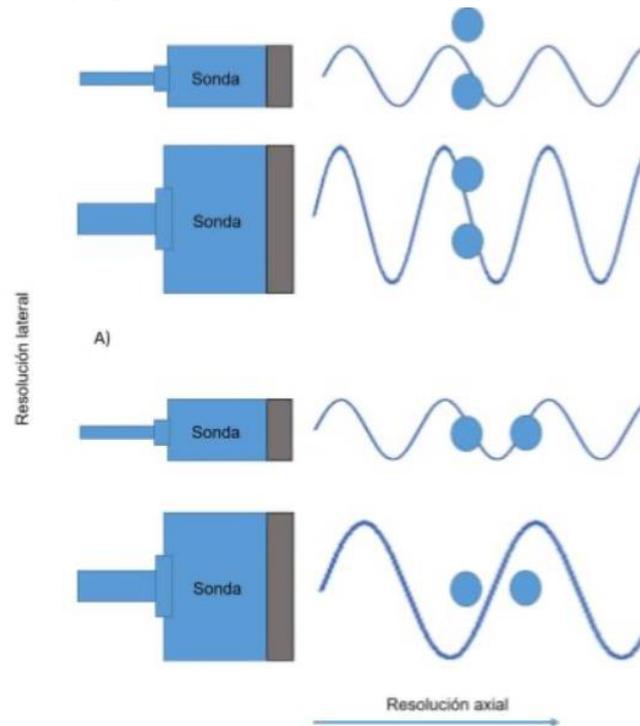


Fig. 5. Tipos de resolución. A) Resolución lateral: Reconoce dos puntos como separados en sentido paralelo a la fase de la sonda. B) Resolución axial: Está relacionada con la frecuencia, y, por ende, de una longitud de onda determinada que entre más frecuencia de ciclos tenga, mejor resolución y con mayor degradación sónica y viceversa.

Los transductores actuales pueden emitir un espectro ultrasónico multifrecuenci en el que se puede elegir la frecuencia de interés que pueda soportar dicha sonda para obtener un penetración y profundidad deseada. Por ejemplo, una sonda convexa puede emitir ondas de 1 a 6 MHz una lineal de 7 a 18 MHz y un sectorial de 1 a 4 MHz. Las sondas especializadas en oftalmología pueden emitir haces ultrasónicos de 23MHz o de hasta 35-100 MHz utilizadas para el ultrasonido biomicroscópico (Ultrasonic Biomicroscopy, UBM por sus siglas en inglés).

Tipos de rastreo:

Los ecos se analizan en el receptor y los grafica en el monitor, formando imágenes de acuerdo a diversos modos (RUMACK 2020; WELLS P.1998; MITTELSTAEDT 1997; HOSKINS P. 2010) (Fig. 3) como:

Rastreo A (A scan “Analog”): Es una imagen dinámica unidimensional, formando espículas al incidir una interface determinada. El estudio inicial fue el modo A (A mode), el cual es una representación antes descrita en imagen fija. Actualmente aún se usa en oftalmología para la biometría y es en tiempo real (A scan).

Modo B (B mode): Es una imagen bidimensional estática y se grafica en relación a la resolución axial y lateral (descrito anteriormente).

Rastreo B (B scan) o 2D: Es una imagen bidimensional en tiempo real donde el equipo de ultrasonido representa múltiples imágenes sucesivas a un determinado número de cuadros por segundo.

Modo M (M mode): Es una imagen unidimensional seccional a través del tiempo elegida en una imagen en rastreo B previa, en donde el eje vertical de dicha sección se grafican los tejidos en el eje seleccionado y el tiempo en el eje horizontal, parecido a un trazo electrocardiográfico. Esto es útil para la valoración de estructuras en movimiento como válvulas cardíacas, calibre de vasos, reactividad pupilar y ultrasonido pulmonar con dinámica

3D: Imagen fija tridimensional en donde se hace uso de sondas convencionales con el software necesario para su representación multi planar en cuatro ejes o con sondas

dinámicas (partes móviles) o matriciales (con mayor resolución) que grafican la imagen en tres dimensiones.

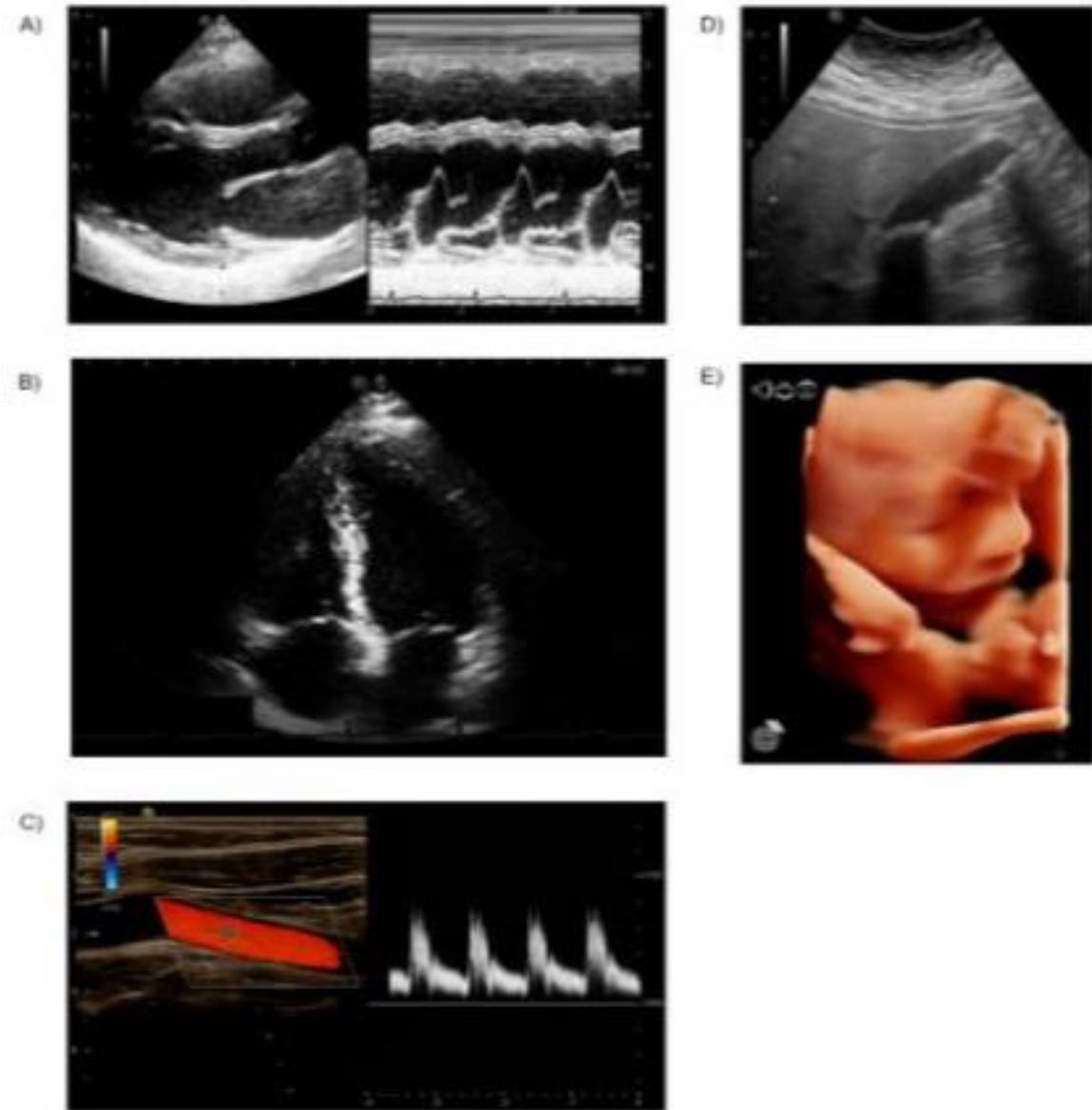
4D: Imagen tridimensional con movimiento.

Los modos de imagen descritos anteriormente pueden ser visualizados en escala de grises (mapa más utilizado) o color (Fig.6).

Se debe tomar en cuenta que el transductor sectorial posee una marca física en uno de sus bordes para establecer la orientación de éste al momento de hacer la exploración, por lo que por consenso en un abordaje transtorácico la marca está orientada hacia la izquierda del paciente en los ejes cortos y caudal en los ejes largos para esternales con giros hacia ejes cortos en contra de las manecillas del reloj ya sea a nivel del segundo espacio intercostal, o quinto espacio intercostal en la línea medio claviclar izquierda. La orientación de la marca se usa como en el resto de los transductores cuando el abordaje es subxifoideo.

Diafragmática, uno de los aspectos fundamentales en ultrasonografía en medicina crítica y emergencias (Fig.6,A). Los aspectos mencionados son importantes para tener los fundamentos para su aplicación en la investigación de la ecocardiografía transtorácica junto con las bases del efecto Doppler (Fig.7).

Figura 6. Modos de imagen. A) Modo M con sonda sectorial en eje largo cardíaco, observando válvula mitral normal. B) Rastreo B cardíaco con sonda sectorial en corte apical de cuatro cámaras, imagen normal. C) Doppler dúplex con sonda lineal mostrando en el lado izquierdo el mapa Doppler de color del flujo en arteria carótida común, y en el lado derecho, el patrón espectral Doppler normal correspondiente. D) Rastreo B de abdomen con sonda convexa en plano longitudinal y eje antero posterior de vesícula biliar con múltiples litos en su interior a nivel del cuello, obsérvese el artefacto de sombra acústica posterior debido a una alta atenuación del haz ultrasónico. E) Imagen en 3D del rostro de un producto de 20 semanas.



Doppler de onda continua: En este escenario, el transductor emite de manera continua el haz ultrasónico y al mismo tiempo, otra parte del cristal del transductor recibe y analiza los ecos, determinando su velocidad y dirección, sin embargo, sin poder determinar a qué

distancia o profundidad de los tejidos son reflejados dichos ecos, por lo que, en caso de registrar un flujo entre dos o más estructuras vasculares no es posible distinguirlas entre sí ni saber a qué distancia se encuentran del transductor (Fig. 12 D y E). Este tipo de Doppler se utiliza frecuentemente en valoración cardíaca ya que es posible medir altos flujos (aórtico).

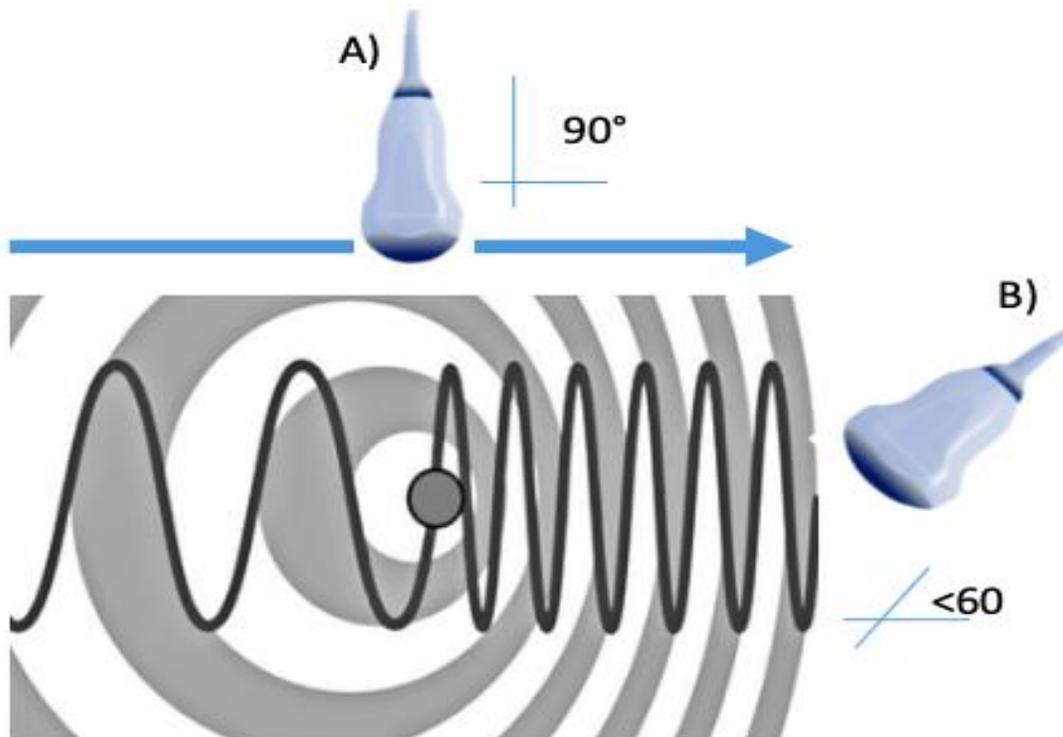


Figura 7. Efecto Doppler: Cambio de frecuencia de los ecos provenientes del objeto en estudio conforme avanza en una dirección determinada. A) “El observador” no percibe cambios en la frecuencia del eco en un ángulo de 90° . B) “el observador” percibe el cambio en la frecuencia del eco debido a la angulación $< 90^\circ$. Un ángulo $< 60^\circ$ es más preciso en el cálculo de la velocidad.

Doppler de onda pulsada: La diferencia respecto del Doppler de onda continua es que, en la onda pulsada el haz ultrasónico es emitido por ciclos, con un tiempo de reposo entre éstos, a esto se le llama frecuencia de repetición de pulso (PRF por sus siglas en inglés), lo que permite discernir la profundidad a la que se encuentra el eco registrado mediante el tiempo que toma en llegar al transductor. Con esto, es posible determinar a qué profundidad y cuántas estructuras vasculares se están interrogando en el campo de visión del transductor.

De esto se derivan diversos tipos de Doppler de onda pulsada, como lo son el Doppler mapa de color, Doppler poder, Doppler poder direccional, Doppler espectral (Fig. 8).

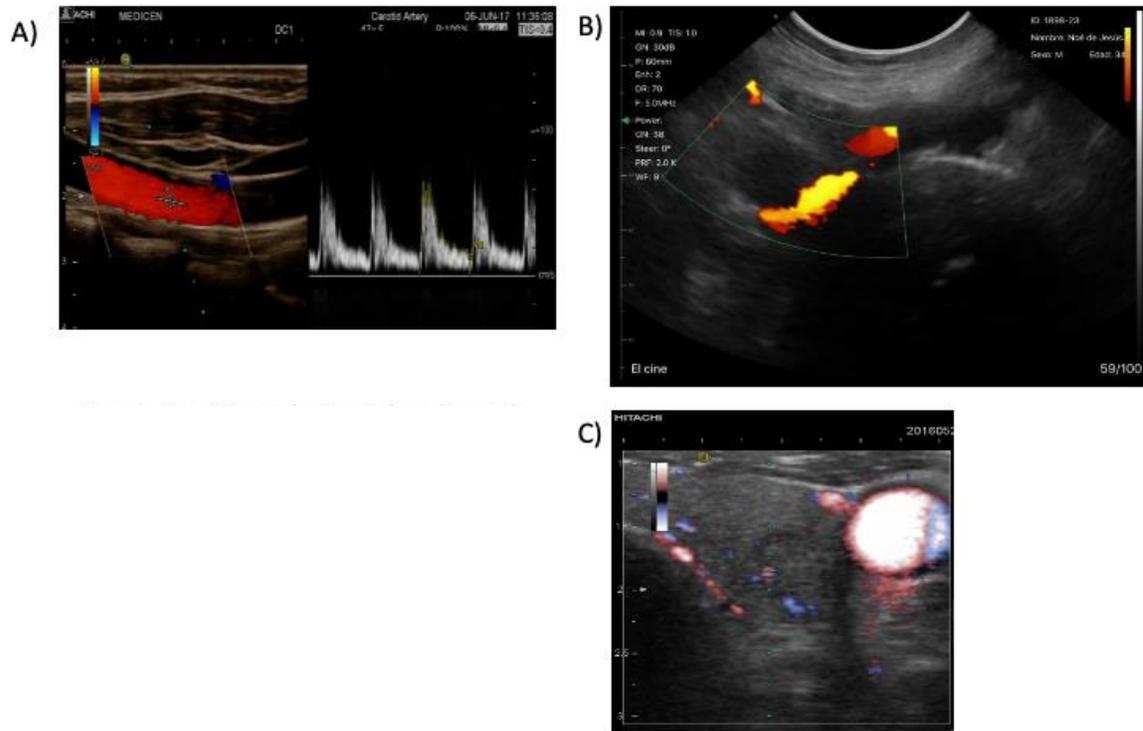


Figura 8. Tipos de Doppler de onda pulsada. A) Arteria carótida en eje longitudinal: Izquierda, Doppler color. Derecha, Doppler espectral. B) Quiste mesentérico. Doppler poder. C) Carótida izquierda en eje transversal a nivel de glándula tiroides. Doppler poder direccional.

Doppler mapa de color: Determina la dirección de flujo en base al color para dependiendo si se acerca o se aleja del transductor. Presenta diversos tonos para una estimación cualitativa de la velocidad.

Doppler poder: De onda pulsada, detecta el flujo vascular mediante cambios en la amplitud de onda en vez de los cambios de frecuencia. No es posible saber la dirección del flujo. Es más sensible a flujos más lentos.

Doppler poder direccional: Combina las cualidades de los dos anteriores, siendo una modalidad de imagen más sensible a flujos lentos por su detección en la variación de la amplitud de onda del eco y la detección en la variación de su frecuencia que permite saber la dirección de flujo.

Doppler espectral: Evalúa el flujo en una gráfica de dos ejes, en el eje Y la velocidad de éste y en el eje X el tiempo. De esta forma, es posible valorar la onda de flujo en cuanto su frecuencia, amplitud, velocidad, tiempo de aceleración, dirección, etc.

Imágenes dúplex y Triplex: Tratan de la combinación de la imagen en escala de grises con Doppler color en tiempo real para dúplex, mientras que para Tríplex se agrega también Doppler espectral (RUMACK 2020; ALLAN A. 2008; POLAK 2013).

Doppler tisular: En baso a los mismo principios del Doppler pulsado se valora la velocidad del movimiento de las paredes del corazón a lo largo del ciclo cardíaco de manera cualitativa y cuantitativamente, ya sea de forma global o por segmentos (CABRERA 2011; KADDOURA S.2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

En La Paz, Baja California Sur, México se realizó un estudio transversal, descriptivo y observacional en el periodo comprendido entre el 26 de septiembre al 25 de octubre del 2017, donde se reclutaron 24 sujetos, 12 mujeres (50%) y 12 hombres (50%). De los cuales, 19 (79.16%) realizan actividades de buceo y 5 (20.84%) eran el grupo control, quienes comprendían un rango de edad de 20 a 57 años de edad, y que uno de ellos practica natación.

Los criterios de exclusión para ambos grupos (especificados en el anexo 1) valorados mediante entrevista escrita de acuerdo al Consenso de Normas de Buceo Comercial y Operaciones Submarinas y formato de certificación PADI fueron:

Obesidad clase I ($IMC \geq 30\%$)^(CDC 2021; PADI).

Cardiovasculares (arritmias ventriculares, cardiopatía congestiva).

Pulmonares (Asma activa, EPOC, pneumotórax espontáneo).

Neurológicos (Epilepsia no febril, tumores intracraneales, aneurismas, evento vascular cerebral, lesión medular, secuelas por enfermedad por descompresión).

Endocrinológicos (Diabetes mellitus).

Otorrinolaringológicas (no poder ser capaz de compensar la presión del oído medio, Disfunción temporo-mandibular).

Gastrointestinales (Antecedentes quirúrgicos, estomas, obstrucción intestinal, fístula entero-cutánea, reflujo gastro esofágico, acalasia, hernias abdominales sin reparación).

Embarazo.

Hematológicas (Enfermedad de células falciformes, policitemia, leucemia).

Ortopédicas que impidan función habitual de la extremidad.

Trastornos del comportamiento (Motivación inapropiada, psicosis activa, tendencias suicidad, antecedentes de pánico, abuso de alcohol y drogas).

Condiciones médicas o físicas que deterioren la autonomía del sujeto evaluado a realizar las tareas cotidianas.

Criterios de inclusión para los no buceadores:

No realizar actividades de buceo.

Los criterios de exclusión para el grupo de buceadores fueron:

Ya mencionadas anteriormente.

Criterios de inclusión para el grupo de buceadores:

Edad mayor a 18 años.

Realizar actividad de buceo.

EQUIPO E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Encuesta escrita del Consenso de Normas Internacionales para Buceo Comercial y Operaciones Submarinas encuesta de valoración de PADI y verbal para verificar los criterios de inclusión y exclusión.

Se realizaron mediciones de signos vitales de tensión arterial con esfigmomanómetro aneroides, frecuencia respiratoria con cronómetro y visualización; Frecuencia cardíaca con trazo electrocardiográfico integrado al equipo de ultrasonido, peso y talla mediante báscula con estadiómetro, índice de masa corporal con la fórmula: $\text{Peso (Kg)} / \text{talla al cuadrado (m}^2\text{)}$ y superficie corporal total con la fórmula: $\text{Raíz cuadrada del peso (kg)} \times \text{talla (cm)}$ entre 3600. Se utilizó un equipo de ultrasonido HITACHI Avius con sonda sectorial (1-4MHz) multifrecuencia.

Ecocardiografía:

Se les realizó a los sujetos en estudio un ecocardiograma transtorácico en reposo a 1 atmósfera absoluta con una sonda sectorial de acuerdo a las *Recomendaciones para la cuantificación de las cámaras cardíacas en adultos por ecocardiografía* de ROBERTO M.

Con última revisión en el 2015 para para una evaluación:

Cualitativa:

Ventrículo izquierdo:

Se observó en un corte para esternal largo su pared anterior y posterior; Corte paraesternal corto de acuerdo al modelo de segmentación de 17 partes distribuidas a nivel del ápex, parte media y basal en las paredes lateral, septal, anterior y posterior su motilidad, morfología y dirección de flujo a la

exploración con Doppler color. Se realizaron valoraciones apicales en los cortes de 2, 3 y 5 cámaras donde se revisaron los aspectos ya mencionados de las paredes del ventrículo izquierdo.

Ventrículo derecho:

Se evaluó la morfología, movilidad y contractilidad en cortes paraesternal largo y corto, así como en corte apical de 4 cámaras, además del aspecto visual del flujo a la exploración Doppler color.

Tractos de salida:

Se revisaron la morfología, uniformidad de los tractos de salida aórtico, aorta ascendente, tracto de salida de la arteria pulmonar, las estructuras que conforman las válvulas aórticas y pulmonares, así como las válvulas mitras y tricuspídea, observando su comportamiento de flujo con el Doppler color.

Valoración cuantitativa:

Llevando a cabo la metodología de medición de las siguientes variables de acuerdo al consenso conjunto estadounidense y europeo ya mencionado anteriormente:

Estimación de volúmenes y masa cardíaca:

Ventrículo izquierdo:

Volumen diastólico (vdVI) del ventrículo izquierdo: Se realizó con el método de sumación de discos de Simpson mediante

ecocardiografía bidimensional en un corte de cuatro cámaras en telediástole observada en el electrocardiograma y expresado en centímetros cúbicos.

Volumen sistólico (vsVI) del ventrículo izquierdo: Se realizó con el método de sumación de discos de Simpson mediante ecocardiografía bidimensional en un corte de cuatro cámaras en telesístole valorada en el ecocardiograma y expresado en centímetros cúbicos.

El método de Simpson consiste en marcar el endocardio del ventrículo izquierdo ya sea en telediástole o telesístole para que mediante un software se divida la región de interés en una serie de discos de igual altura cuyo volumen se calcula mediante el área de la base del disco por la altura, expresado en centímetros cúbicos mediante la siguiente fórmula:

$$[(\pi) (r^2)] (\text{altura en cm})$$

Volumen sistólico del ventrículo izquierdo (VtsVI): Se calculó la diferencia de los volúmenes obtenidos con el método de Simpson en telediástole (VtdVI) – VtsVI expresado en centímetros cúbicos.

Gasto cardíaco (GC) del ventrículo izquierdo: Se obtuvo mediante multiplicar el volumen latido por la frecuencia cardíaca en un minuto expresada en L/min.

Masa cardíaca del ventrículo izquierdo (MCVI): Se calculó en modo M en un corte de eje paraesternal largo en telediástole el grosor del septo interventricular (GtdVI), diámetro del ventrículo izquierdo (DtdVI), grosor de la pared posterior (GtdPPVI) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{MCVI: } (GtdVI + DtdVI + GtdPPVI)^3 - (DtdVI)^3 (1.05\text{g/cm}^3)$$

Una vez obtenido la diferencia de volúmenes de la cavidad cardíaca del VI y las partes sólidas (grosos del septo interventricular y pared posterior del ventrículo izquierdo) se multiplica por la densidad del músculo cardíaco (1.05gr/cm^3).

Grosor parietal relativo (GPR): Se obtuvo con el fin de determinar si existían sujetos con cavidad ventricular izquierda dilatada o no, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{GPR: } (2) (GtdPPVI)/DtdVI$$

Valoración de la función sistólica global del VI mediante parámetros de contractilidad global:

Fracción de eyección (FEVI%) del ventrículo izquierdo: Se obtuvo el porcentaje de sangre eyectada por el VI (Volumen latido

expresada en una proporción respecto del volumen telediastólico) con el método de Simpson donde utilicé la siguiente fórmula:

$$FE\%: [(V_{tdVI} - V_{tsVI}) / V_{tdVI}] \times 100$$

Fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo (FAVI%):

Se basa en el mismo concepto que la FEVI% pero basado en la proporción de la disminución del diámetro (mm) de la cavidad del VI en telesístole (D_{tsVI}) respecto de la telediástole (D_{tdVI}), el cual, fue valorado en modo M de un corte eje paraesternal largo en la que se utilizó la siguiente fórmula:

$$FA\%: [(D_{dVI} - D_{sVI}) / D_{dVI}] (100)$$

Ventrículo derecho:

Estimación de dimensiones:

En una valoración bidimensional con corte apical de cuatro cámaras se midieron los diámetros transversos en telediástole de la cavidad del ventrículo derecho en la base (a nivel de la válvula tricuspídea), segmento medio y apical, así como en su diámetro longitudinal comprendido desde el ápex hasta la base expresado en mm.

Aurícula izquierda:

Estimación de volúmenes:

Se midió en un corte apical de cuatro cámaras con el método de Simpson para su evaluación, expresada en cc.

Aurícula derecha:

Estimación de dimensiones:

Diámetro supero-inferior: Se midió en un corte apical de 4 cámaras a nivel de la línea media, la distancia comprendida entre la válvula tricuspídea hasta el techo de la aurícula expresado en mm.

Diámetro transverso: Se valoró en un corte apical de 4 cámaras a nivel del punto medio de la línea supero-inferior trazada en la medición previa, expresado en mm.

Tractos de salida:

Estimación de calibres:

Tracto de salida aórtico (TSAo) y aorta ascendente: Se evaluó en modo B en un corte eje para esternal largo el calibre del tracto de salida aórtico, trazando una línea desde la pared interna a pared interna del tracto y la aorta ascendente expresado en mm a nivel de el tracto

de salida, annulus, senos de Valsalva, unión del seno con la aorta ascendente y calibre de la aorta ascendente.

Tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD): Se realizó en eje corto paraesternal a nivel de la base del corazón, visualizando el TSVD y trazando una línea de pared interna a pared interna en su segmento medio, expresado en mm.

Tronco de la arteria pulmonar (TAP): Se valoró en eje corto paraesternal a nivel de la base del corazón, visualizando el TSVD y su bifurcación en arteria pulmonar derecha e izquierda, realizando la medición de pared interna a pared interna antes de dicha bifurcación, expresado en mm.

Diámetro mitral (DMit):

Se midió en un corte paraesternal corto a nivel de la válvula mitral la distancia comprendida entre el borde anterior y posterior de ésta en telediástole, expresado en mm.

Flujometría:

Válvula mitral:

Estimación de velocidad de flujo para estimación de la función diastólica del ventrículo izquierdo:

Onda E: Trata de la velocidad de flujo, expresada en m/s durante la fase diastólica, expresada en m/s, la cual se midió en un corte apical de 4 cámaras colocando el volumen muestra de 3mm a nivel de la apertura de la válvula mitral del lado de la cavidad ventricular.

Onda A: Trata de la velocidad de flujo, expresada en m/s durante la contracción auricular, la cual se evaluó en un corte apical de 4 cámaras con el volumen muestra de 3mm colocado a nivel de la apertura de la válvula mitral del lado de la cavidad ventricular.

Patrón de flujo: Consiste en una relación visual entre las ondas E y A para determinar cualitativamente el estado de la función diastólica global.

Estimación de la velocidad de flujo del TSAo:

TSAo: Se obtuvo la velocidad de flujo ya sea en un corte apical de cuatro cámaras o en eje paraesternal largo, colocando el volumen muestra en el centro del calibre del tracto con unidades expresadas en m/s.

Aorta ascendente (AoAsc): Se realizaron mediciones a este nivel en los cortes eje paraesternal largo o apical de 4

cámaras colocando el volumen muestra a nivel del centro de su calibre.

Flujometría del ventrículo derecho:

Estimación de la función diastólica:

Válvula tricuspídea: Mediante imágenes en apical de 4 cámaras se valoró la velocidad de flujo expresado en m/s de la onda E (Diastole del ventrículo) y la onda A (contracción auricular telediastólica).

Estimación de la velocidad de flujo:

Tronco de la arteria pulmonar: Se obtuvieron las mediciones en un corte paraesternal corto a nivel de la base del corazón para estimar en m/s la velocidad de flujo de la arteria pulmonar.

Doppler tisular:

Estimación de la función diastólica mediante las mediciones de las ondas E (diástole ventricular) y A (contracción auricular) y la función sistólica por medio de la medición de la onda S:

Ventrículo izquierdo: Mediante un corte apical de 4 cámaras se valoró el desplazamiento del tejido cardíaco expresado en cm/s a nivel de la implantación de la válvula mitral en su pared lateral, en la que se midieron las ondas de la sístole (S), fase diastólica con la onda (E) y contracción auricular con la onda (A).

Doppler tisular de la pared septal: Se realizaron las mediciones de las ondas S, E y A en el septo interventricular a nivel de la implantación de la válvula mitral.

Ventrículo derecho: Doppler tisular de la pared lateral del ventrículo derecho: De igual manera se llevaron a cabo las mediciones de la onda S, E y A a nivel de la implantación de la válvula tricuspídea. velocidades de flujo y datos de la función sistólica y diastólica global; Diámetros valvulares, masa muscular cardíaca, grosor parietal relativo (GPR), volumen diastólico, gasto cardíaco, fracción de eyección (FE%) y de acortamiento (FA%) del ventrículo izquierdo, Doppler tisular de la pared lateral del ventrículo izquierdo,

septal y pared lateral del ventrículo derecho (Fig. 9-13).

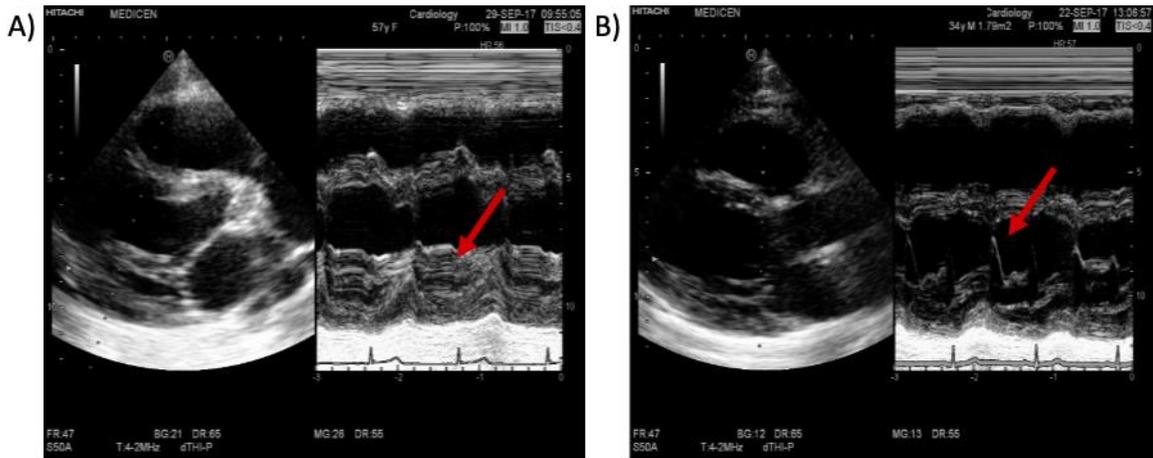


Figura 9. Ecocardiograma normal de un buceador en modo bidimensional (A) y en modo M simultáneo (B) en un corte de eje para esternal largo. A) Modo M con corte a nivel del ventrículo izquierdo apreciándose el músculo papilar en su interior (flecha roja). B) Modo M con corte a nivel de la válvula mitral. Obsérvese la excursión habitual de la válvula mitral (flecha roja).

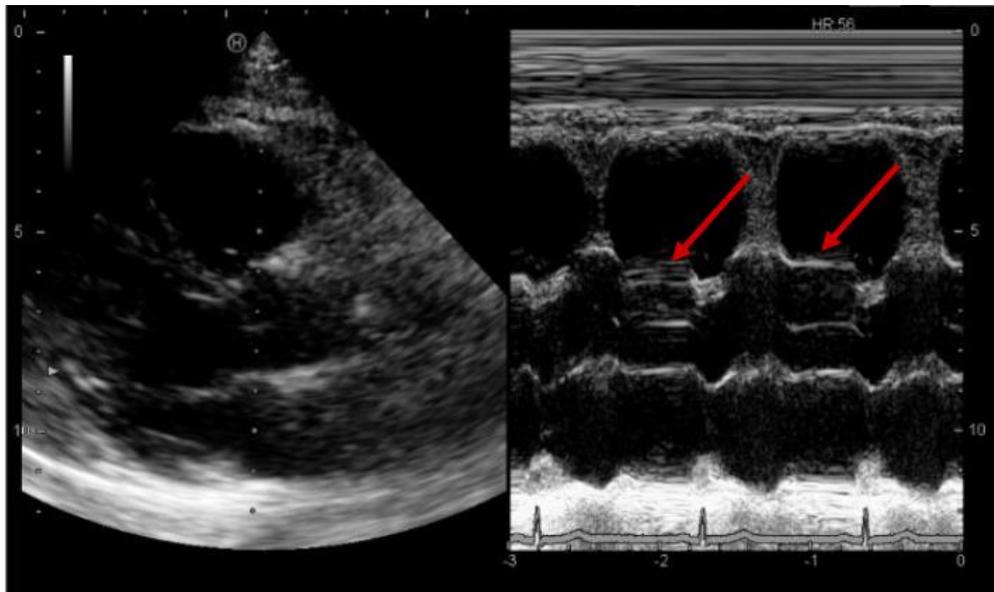


Figura 10. Ecocardiograma normal en eje largo para esternal con exploración en modo M a nivel de la válvula aórtica con una excursión habitual (flechas).

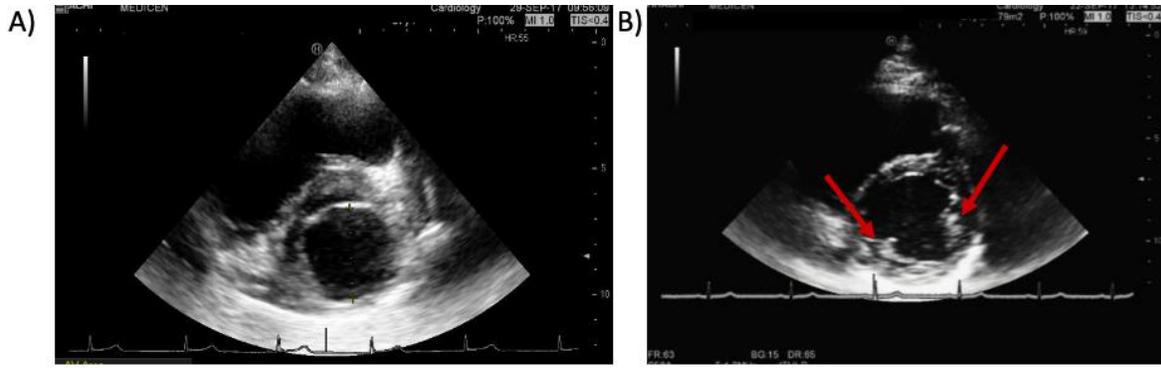


Figura 11. Ecocardiograma normal en eje corto para esternal. A) Válvula mitral con apertura en diástole. B) Músculos papilares (flechas rojas).

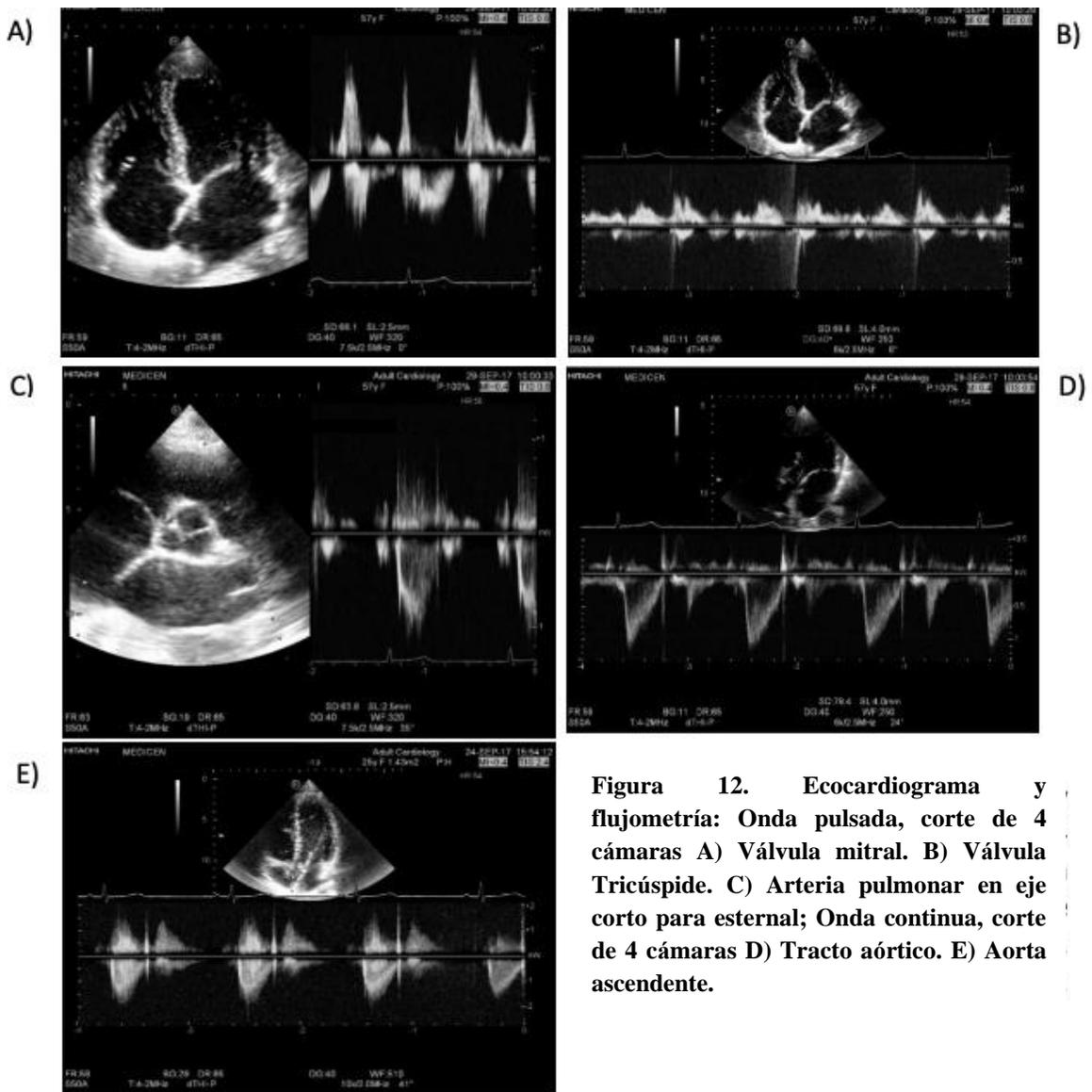


Figura 12. Ecocardiograma y flujometría: Onda pulsada, corte de 4 cámaras A) Válvula mitral. B) Válvula Tricúspide. C) Arteria pulmonar en eje corto para esternal; Onda continua, corte de 4 cámaras D) Tracto aórtico. E) Aorta ascendente.

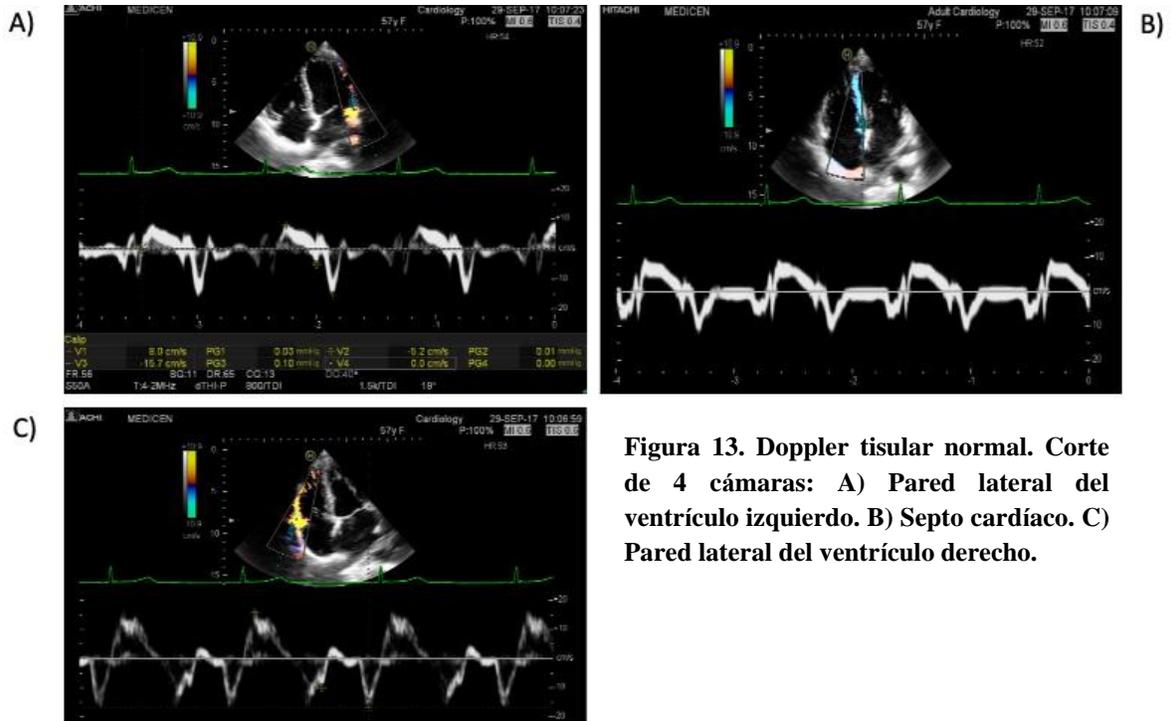


Figura 13. Doppler tisular normal. Corte de 4 cámaras: A) Pared lateral del ventrículo izquierdo. B) Septo cardíaco. C) Pared lateral del ventrículo derecho.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de hombres y mujeres en el grupo control fue de 2 mujeres (40%) de las cuales una de ellas realiza natación como actividad física y 3 hombres (60%). Los cuatro sujetos son sedentarios. El rango de edad fue comprendido entre 23-57 años.

Grupo de buceadores:

El grupo de buceadores se conformó por 10 mujeres (52.63%) y 9 hombres (47.37%) con un rango de edad entre 20-54 años de los cuales 12 (63.15%) la actividad que realizan es de carácter laboral y 7 (36.85%) por motivos recreativos. En dicho grupo se reportó realizan diferentes tipos de buceo:

SCUBA: 14 (73.68%).

SCUBA y APNEA: 4 (21%).

SCUBA y Hookah/Escafandra: 2 (10.52%).

Datos somato métricos:

Índice de masa corporal (IMC %)

No buceadores: Se observó un índice de masa corporal (IMC) mínimo de 23.43% hasta un grado de sobrepeso con un IMC de 28.71% (2 sujetos=40%).

Buceadores: IMC de 20.58% y máximo de 34.53% correspondiente a un grado de obesidad II (4 sujetos=21%).

Superficie corporal total (SCT):

No buceadores: De 1.56 a 2.01.

Buceadores: De 1.43 a 2.35.

Frecuencia cardíaca (FC)

No buceadores: 52 a 74 latidos por minuto.

Buceadores: 52 a 72 latidos por minuto.

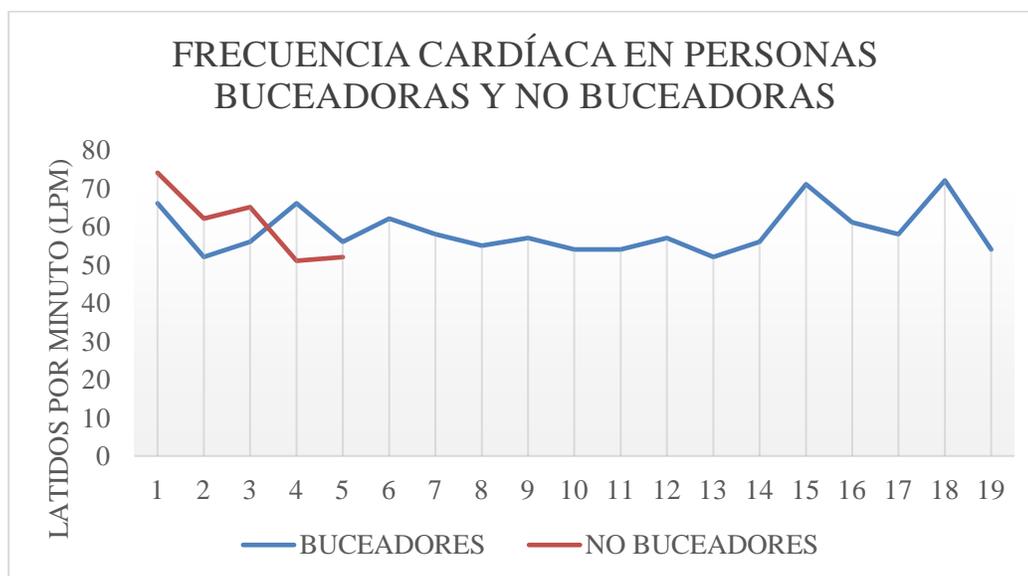


Tabla 1. Frecuencia cardíaca en personas buceadoras y no buceadoras.

Tensión arterial (TA):

No buceadores:

Se observó un rango de 110-120 mmHg de la sistólica y de 60-80 mmHg de la diastólica con un promedio de 115/75mmHg.

Buceadores:

Con un rango de 89-140 mmHg de la sistólica y de 60- 90 mmHg de la diastólica con un promedio de 117/74 mmHg.

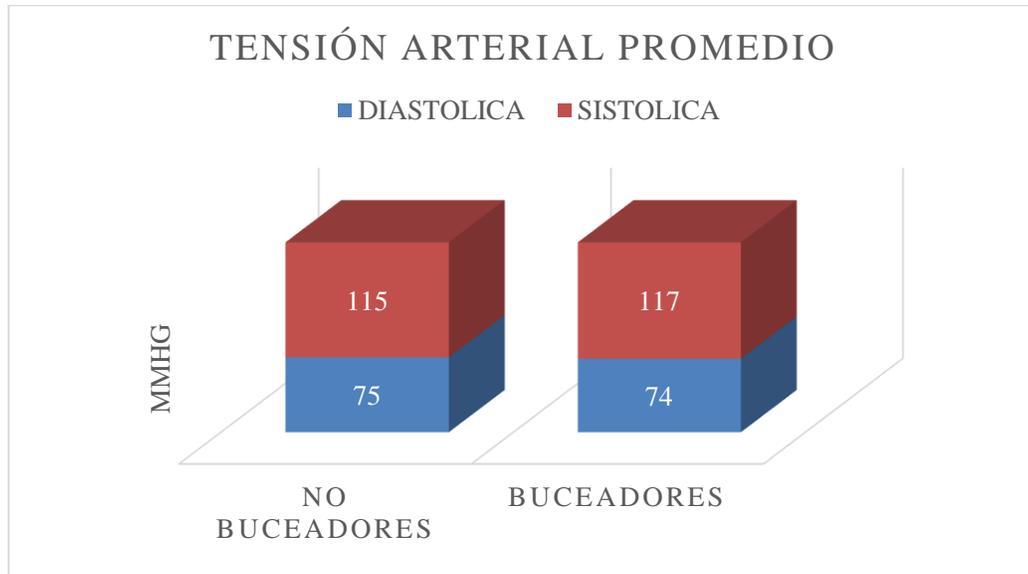


Tabla 2. Tensión arterial en personas buceadoras y no buceadoras.

Ecocardiograma:

Cámaras cardíacas izquierdas:

Ventrículo izquierdo (VI ml.):

Volumen diastólico cc (vdVI ml.):

No buceadores: Rango de 40 – 80 cc. Media de 58.6cc. Promedio de 63.66 cc.

Buceadores: Rango comprendido entre 56.12 – 188 cc. Media de 98.71cc. Promedio de 111.68cc.

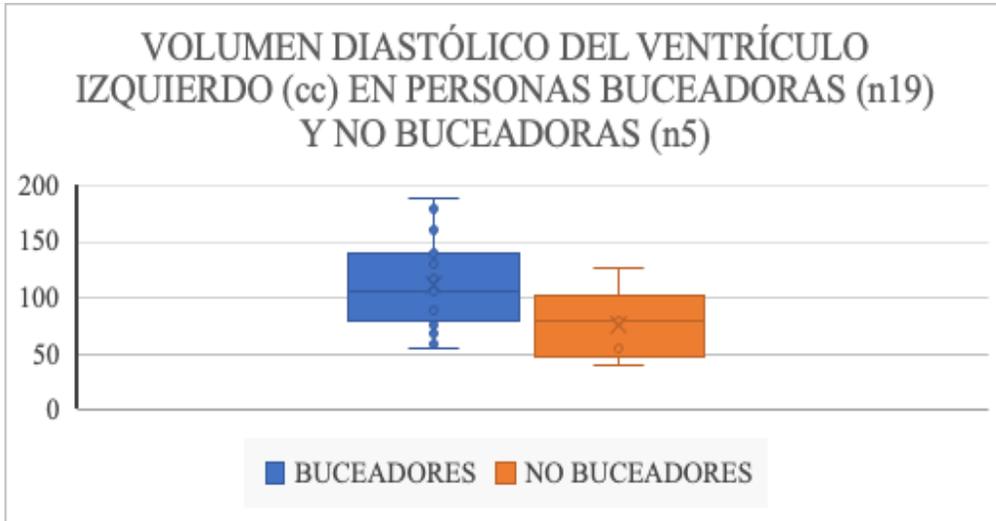


Tabla 3. Volumen diastólico del ventrículo izquierdo en personas buceadoras y no buceadoras.

Volumen sistólico cc (vsVI ml.):

No buceadores: Rango comprendido entre 17.6 – 50.53cc. Media de

24.63cc. Promedio de 29cc.

Buceadores: Rango entre 8.3 – 147.11cc. Media de 36.57cc. Promedio de 55.51 cc.

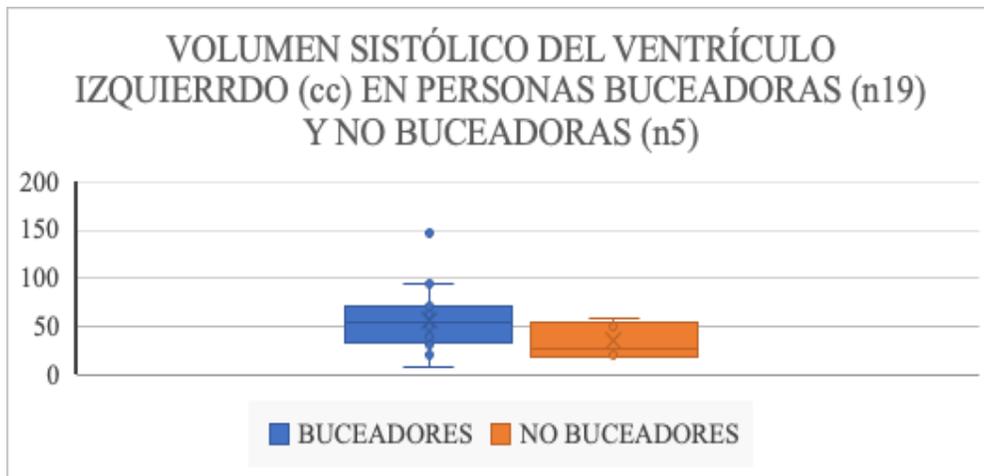


Tabla 4. Volumen sistólico del ventrículo izquierdo en personas buceadoras y no buceadoras.

Gasto cardíaco (GC L/min.):

No buceadores: Con un rango comprendido entre 1.2 – 3.2 L/min.

Media de 1.86 L/min. Promedio de 2.1L/min.

Buceadores: Observando un rango de 1.175 – 6.937L/min. Media de 2.55 L/min. Promedio de 3.41L/min.

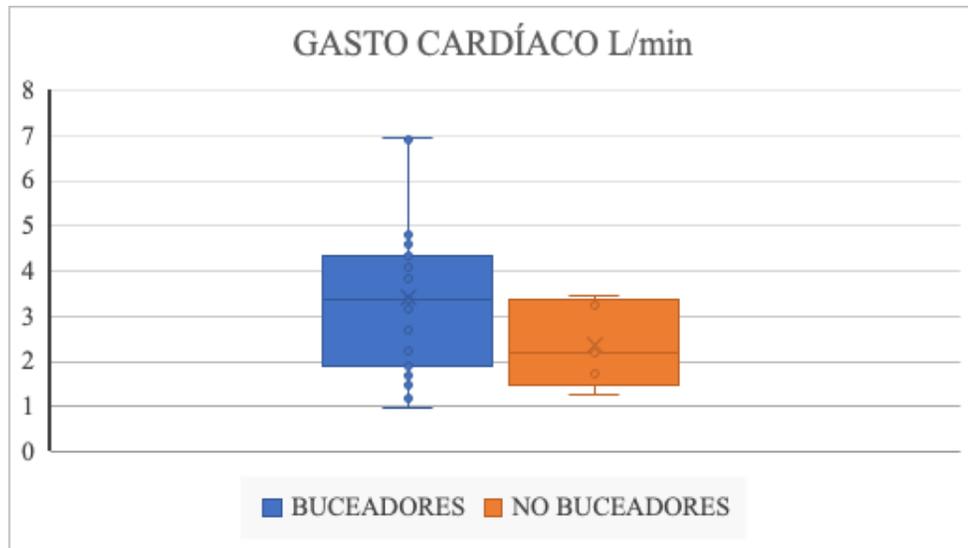


Tabla 5. Gasto cardíaco entre personas buceadoras y no buceadoras.

Fracción de eyección (FEVI%):

No buceadores: Se encontraron valores que van de 37 – 78.4%.

Media de 49.82%. Promedio de 46.87%.

Buceadores: Con un rango de 21.75 - 87.79%. Media de 47.15%. Promedio de 54.4%.

Fracción de acortamiento (FAVI%):

No buceadores: Con rango de 20 – 51.36%. Media de 28.27%.

Promedio de 31.73%.

Buceadores: Encontrando valores de 9 – 63.63%. Media de 23.57%. Promedio de 30.65%.

Masa cardíaca (MCVI gr.):

No buceadores: Encontrando un rango entre 69 – 116.21 gr. Media de

93.48gr. Promedio de 97.75gr.

Buceadores: Con valores entre 71.91 – 382.56 gr. Media de 145.89gr. Promedio

181.64gr.

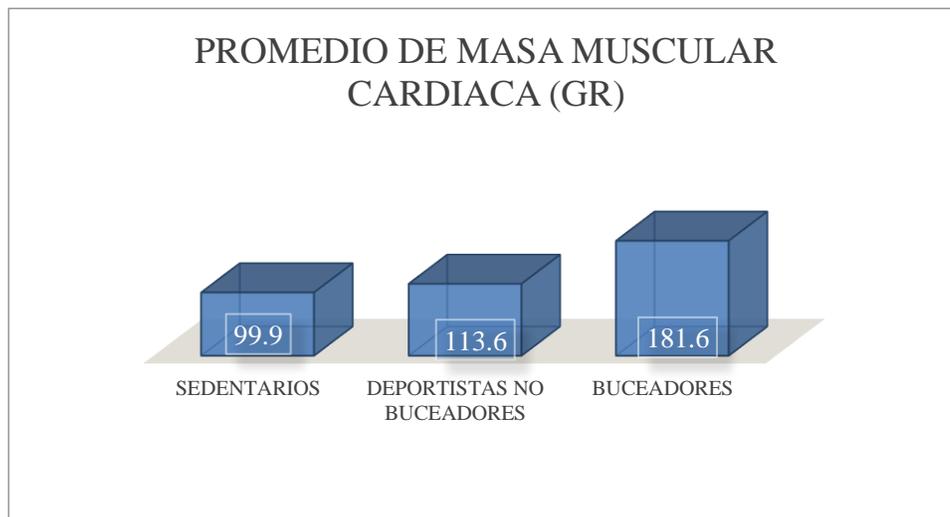


Tabla 6. Promedio de masa muscular cardíaca entre sedentarios, deportistas no buceadores y buceadores.

Grosor parietal relativo (GPR):

No buceadores: Con un rango comprendido entre 0.45-0.71 –

0.75. Media de 0.54. Promedio de 0.56.

Buceadores: Con resultados entre 0.3 – 1.13. Media de 0.5. Promedio de 0.53.

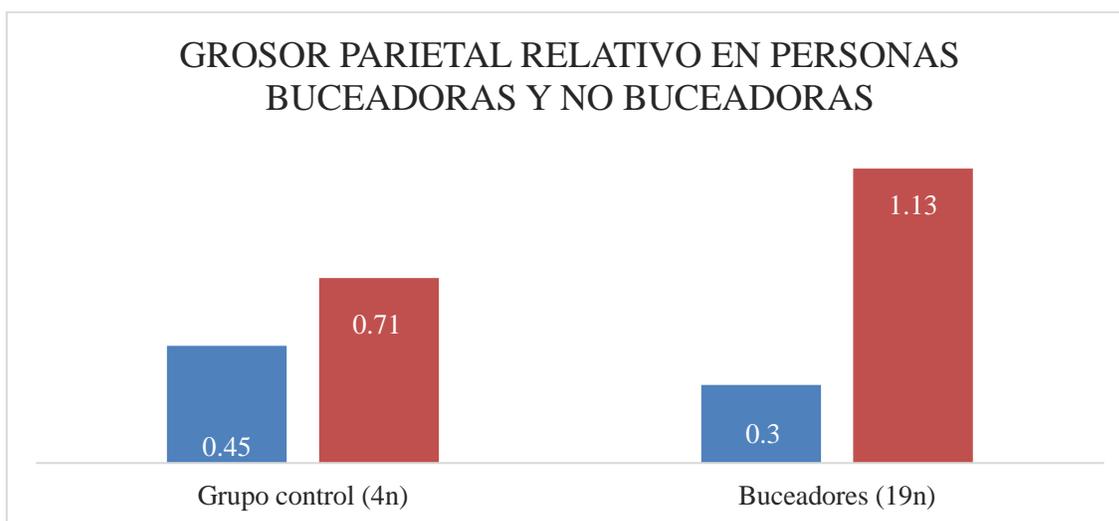


Tabla 7. Grosor parietal relativo (GPR) entre personas buceadoras y no buceadoras mostrando los cuadros azules como los valores mínimos y los naranja como los máximos.

Los resultados de la relación entre la masa ventricular izquierda y el GPR se estratificaron en las siguientes categorías según si eran de sexo femenino o masculino:

Dentro de parámetros normales.

Remodelación concéntrica.

Hipertrofia ligera.

Hipertrofia moderada.

Hipertrofia severa.

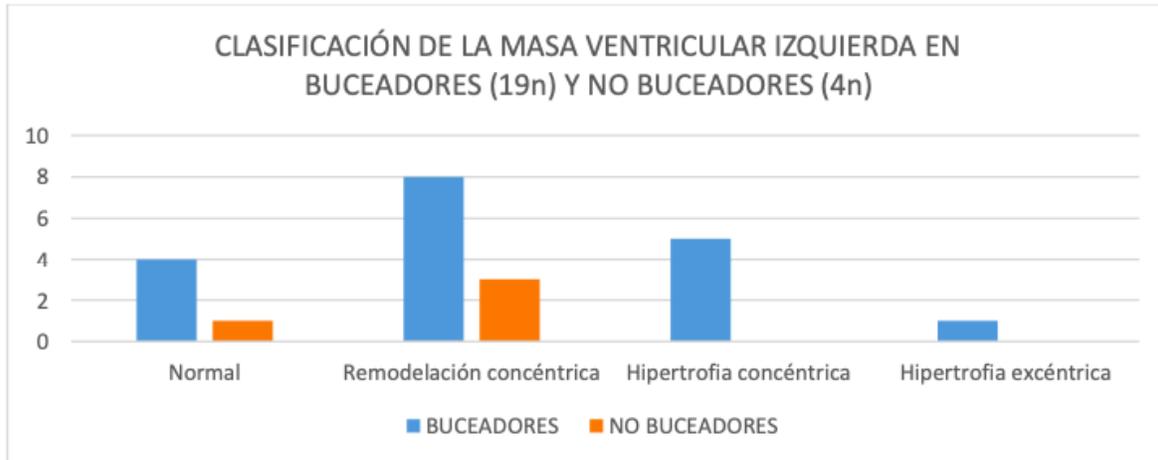


Tabla 8. Clasificación de la masa ventricular izquierda en buceadores y no buceadores.

En el grupo de buceadores se observaron los resultados de acuerdo a la frecuencia los siguientes hallazgos:

Remodelación concéntrica (42.1%).

Hipertrofia concéntrica (26.31%).

Dentro de parámetros normales (21%).

Hipertrofia excéntrica (5.26%).

Mientras que en el grupo de no buceadores se observó:

Remodelación concéntrica (75%).

Dentro de parámetros normales (25%).

Se comparó el volumen diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo, así como del volumen latido y masa muscular cardíaca ventricular izquierda, encontrando notable aumento en esta última en el grupo de buceadores respecto de los no buceadores.

Como es de observarse, en las dos tablas anteriores, la variable que fue significativamente mayor fue la masa ventricular izquierda en un promedio de hasta 155.75% superior respecto del grupo control.

Aurícula izquierda:

Dimensiones en diástole:

Volumen (cc):

No buceadores: Con un rango comprendido entre 35.8 – 69.76 cc siendo que el rango superior debido a un sujeto que practica natación, en base a esto con media de 44.9cc. Promedio de 47.97cc.

Buceadores: Con valores de 23.67 – 61cc. Media de 36.65cc. Promedio 40cc.

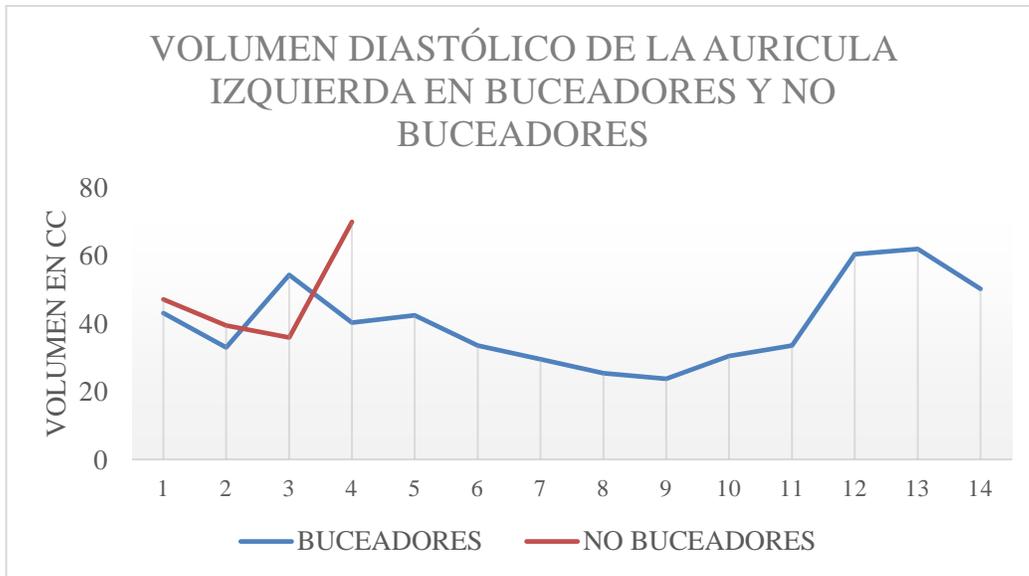


Tabla 9. Volumen diastólico de la aurícula izquierda en personas buceadoras y no buceadoras.

De acuerdo a estos datos, se clasificaron sus dimensiones en las siguientes categorías:

Dentro de parámetros normales.

Dilatación ligera.

Dilatación moderada.

Dilatación severa.

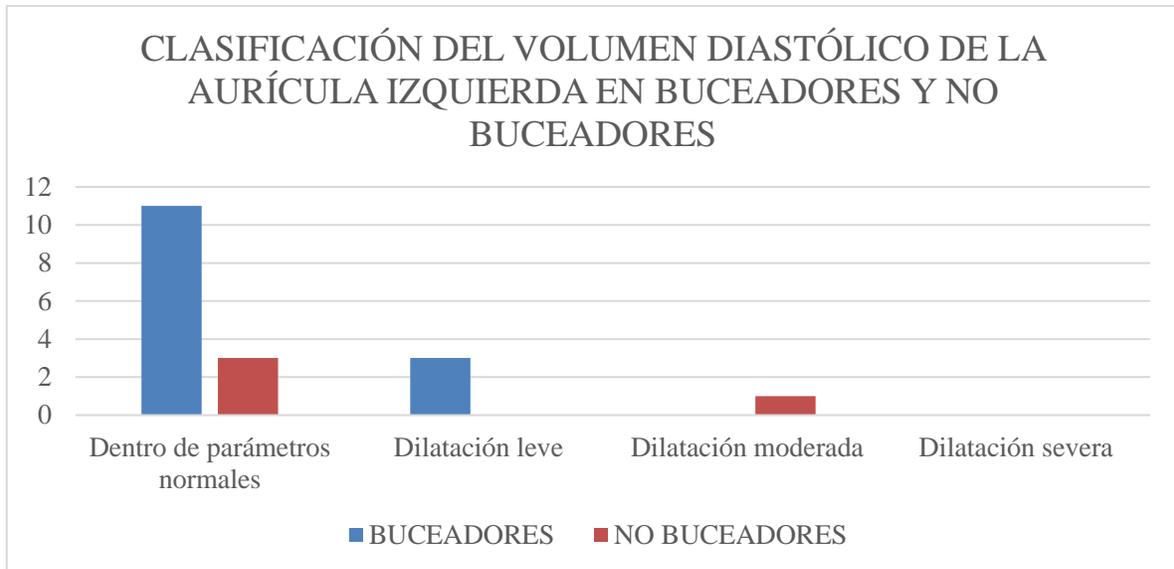


Tabla 10. Dilatación auricular izquierda y clasificación.

En el grupo de buceadores se observaron de acuerdo a su frecuencia:

Dentro de parámetros normales (78.57%).

Dilatación leve (21.43%).

Mientras que en el grupo de no buceadores se conformó de la siguiente forma:

Dentro de parámetros normales (75%).

Dilatación moderada (25%).

Cámaras cardíacas derechas:

Ventrículo derecho (VD):

Dimensiones:

No buceadores (diámetros mm):

Diámetro basal: 38.9 – 45mm. Media de 42mm.

Promedio de 42.22mm.

Diámetro medio: 26.8 – 32mm. Media de 29.32mm.

Promedio de 29.45mm.

Diámetro apical: Con valores entre 12 – 76.3mm. Media de 19.27mm. Promedio de 31mm.

Diámetro longitudinal: Rango de 67 – 95 Media de 83.88mm.

Promedio de 85.5mm.

Buceadores (diámetros mm):

Diámetro basal: Rango de 30 – 54mm. Media de

37.98mm. Promedio de 39.52mm.

Diámetro medio: Rango de 27 – 48mm. Media de 36.22mm.

Promedio de 37.52mm.

Diámetro apical: Rango de 13 – 26mm. Media de 17.98mm.

Promedio de 18.52mm.

Diámetro longitudinal: De 33 – 113mm. Media de 71.13mm.

Promedio de 76.66mm.

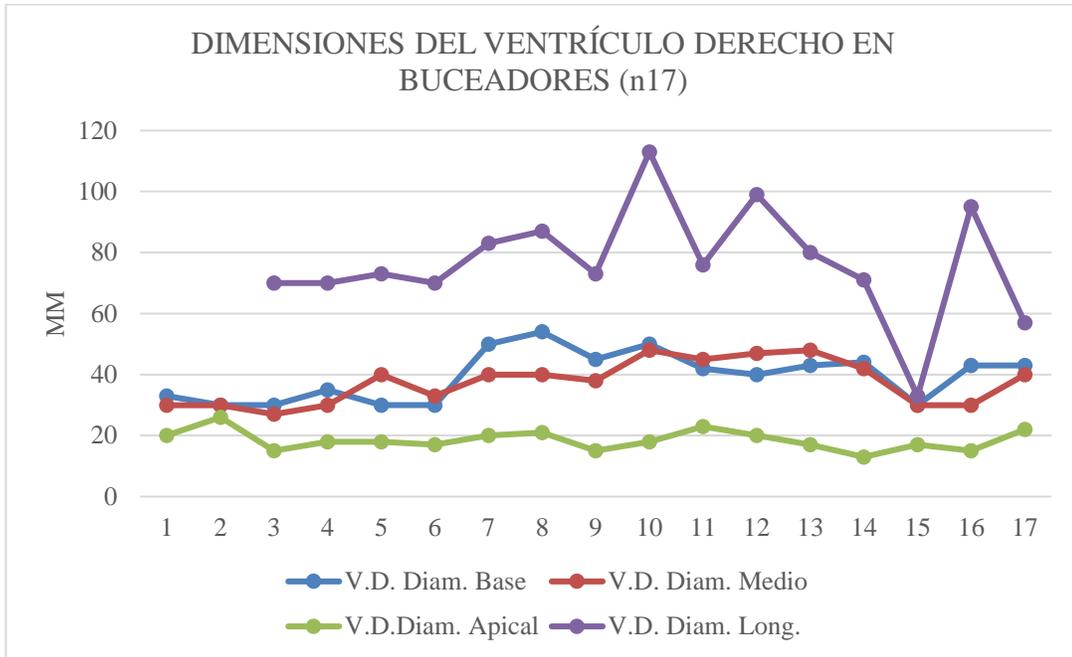
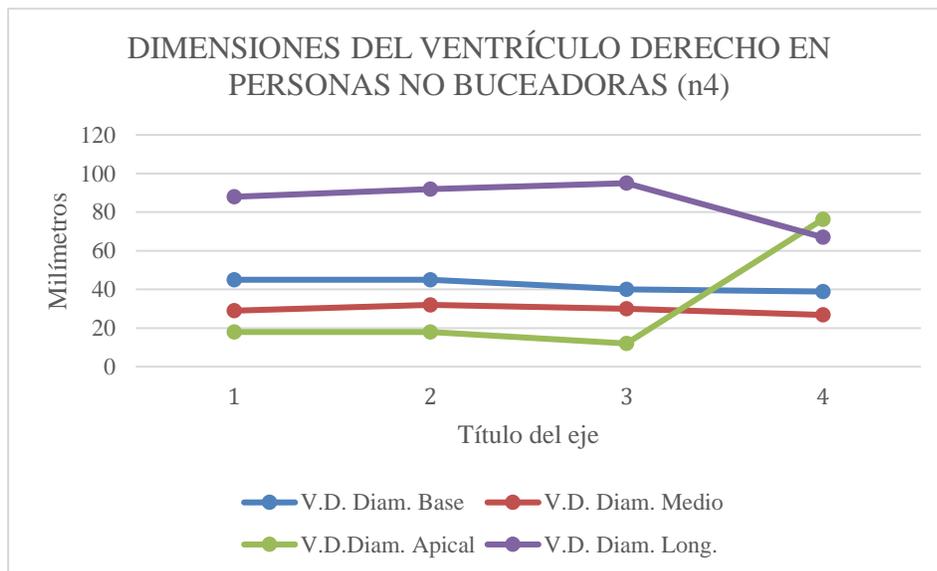


Tabla 11 y 12. Diametros del ventrículo derecho en personas buceadoras y no buceadoras.



No se observaron cambios entre los dos grupos.

Aurícula derecha:

Dimensiones (mm):

Diámetro longitudinal (eje largo mm):

No buceadores: Con valores de 45 – 63mm. Media de

51.86mm. Promedio de 52.5mm.

Buceadores: Con un rango de 30 – 63mm. Media de 46.13mm.

Promedio de 47.72mm.

Diámetro en eje corto (mm):

No buceadores: 32 – 50mm. Media de 40mm. Promedio

de 41.67mm.

Buceadores: Con un rango de 32 – 60mm. Media de 40.24mm.

Promedio de 41.11mm.

Tractos de salida:

Tracto de salida aórtico (TSAo mm):

No buceadores:

Tracto de salida: Rango 13 – 30mm. Media de

20.14mm. Promedio de 21mm.

Annulus: Rango de 13 – 20mm. Media de 15.55mm. Promedio de 16mm.

Seno: Rango de 17 – 25mm. Media de 21.30mm. Promedio de 21.75mm.

Unión del seno: Rango de 16.5 – 25mm. Media de 19.83mm. Promedio de 41.75mm.

Aorta ascendente: Rango de 16.4 – 23mm. Media de 19mm. Promedio de 19.35mm.

Buceadores:

Tracto de salida: Rango de 13 – 30mm. Media de 20.14mm. Promedio de 21mm.

Annulus: Rango de 11 – 25mm. Media de 17.12mm. Promedio de 17.61mm.

Seno: Rango de 20 – 40mm. Media de 24.46mm. Promedio de 25.11mm.

Unión del seno: Rango de 16 – 36mm. Media de 12.96mm. Promedio de 22.27mm.

Aorta ascendente: Rango de 18 – 29mm. Media de 21.56mm. Promedio de 21.94mm.

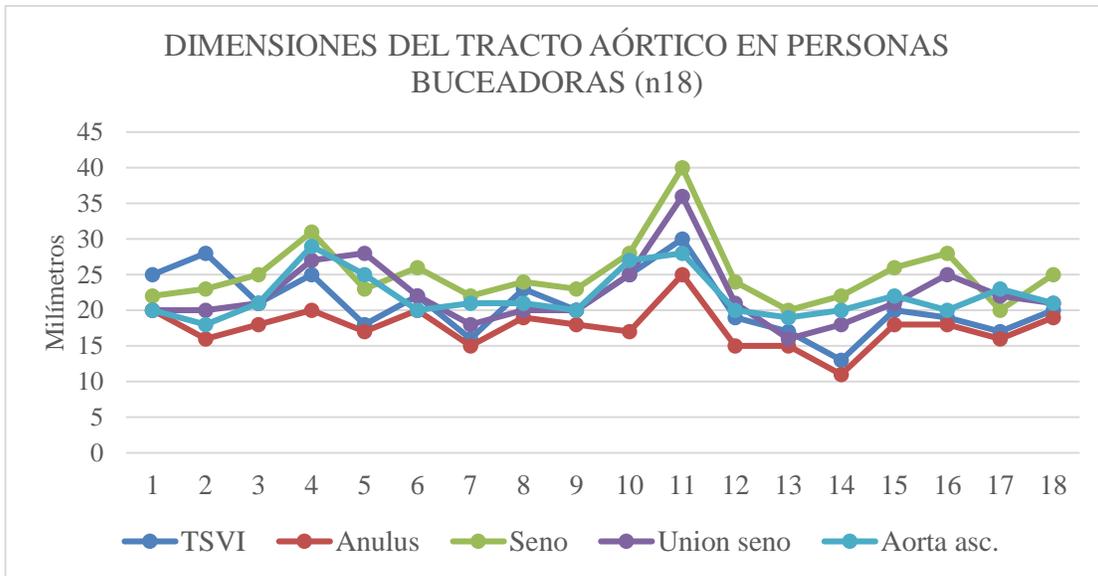
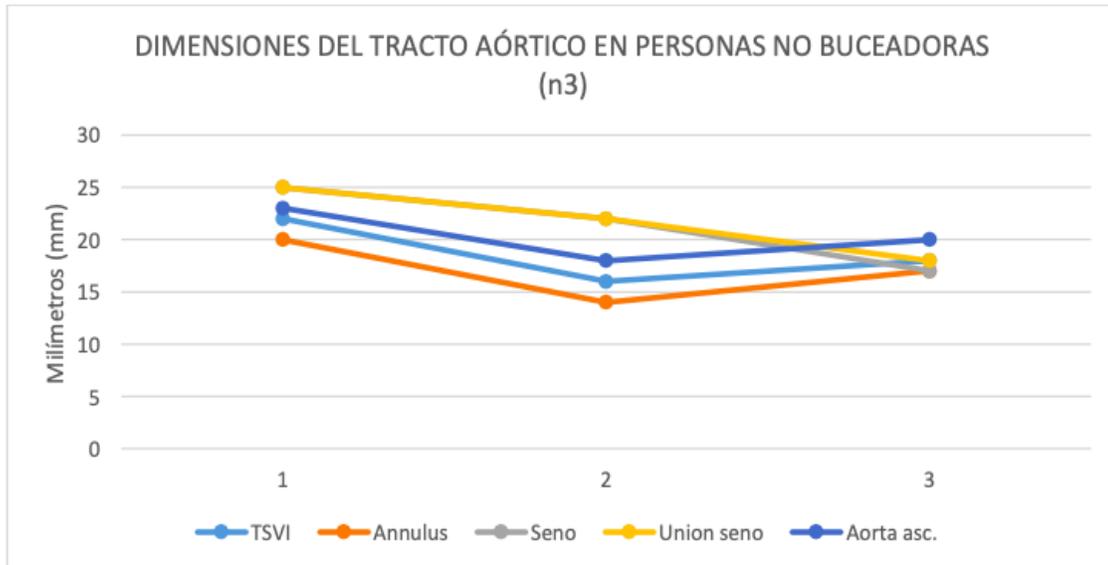


Tabla 13 y 14. Dimensiones del tracto aórtico en personas buceadoras y no buceadoras.



Tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD mm):

No buceadores: Rango de 19 – 30mm. Media de 26.44mm.

Promedio de 27.55mm.

Buceadores: Rango de 20 – 29mm. Media de 23mm. Promedio de 23.62mm.

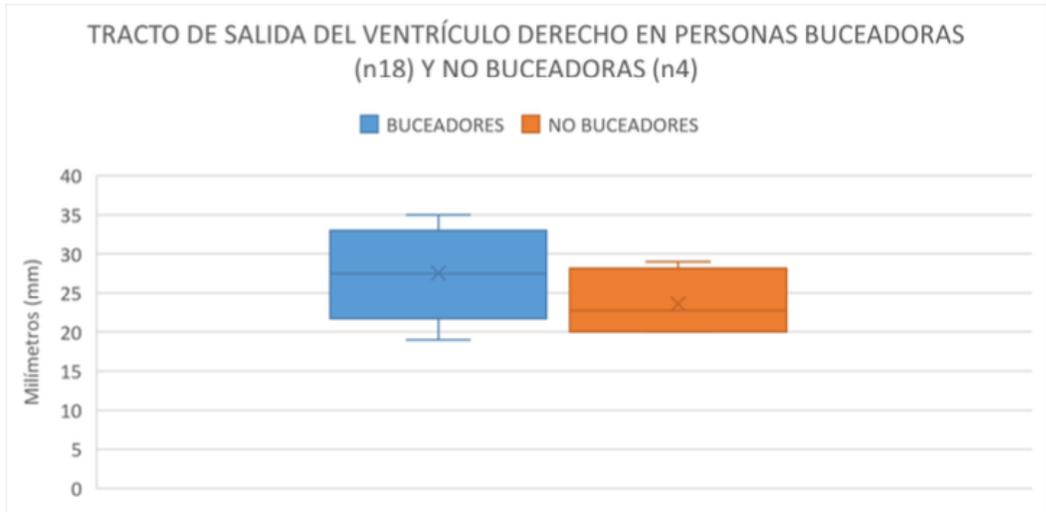


Tabla 15. Dimensiones del tracto de salida del ventrículo derecho en personas buceadoras y no buceadoras.

Tronco de la arteria pulmonar (TAP mm):

No buceadores: Rango de 19.2 – 20mm. Media de 19.79mm.

Promedio de 19.8mm.

Buceadores: Rango de 19 – 35mm. Media de 26mm. Promedio de 27mm.

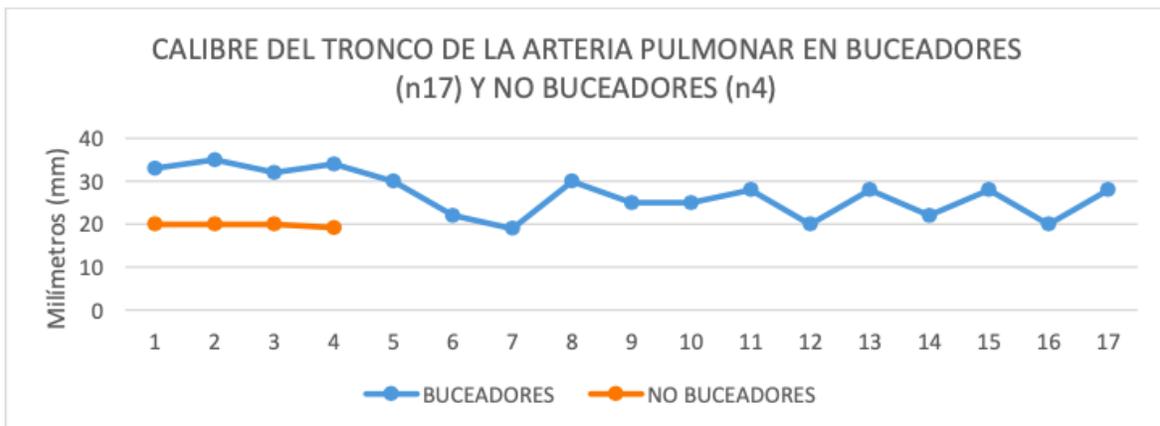


Tabla 16. Dimensiones del tronco de la arteria pulmonar común en personas buceadoras y no buceadoras.

Diámetro mitral (DMit mm):

No buceadores: Rango de 35 – 41mm. Media de 37.57mm.

Promedio de 37.72mm.

Buceadores: Rango de 23 – 50mm. Media de 31.98mm. Promedio de 33.11mm.

Doppler cámaras corazón izquierdo:

Mitral (Mit m/s):

No buceadores:

Flujo mitral:

Onda E: Rango de 0.6 – 1.4m/s. Media de 0.8.

Promedio de 0.88m/s.

Onda A: Rango de 0.22 – 0.78m/s. Media 0.4m/s. Promedio de 0.5m/s.

Relación E/A: Rango de 1 – 2.8. Media de 1.72. Promedio de 2.

Patrón de flujo:

Normal (A): 4 (n4) equivalente al 100% de los sujetos no buceadores que se exploraron.

Buceadores:

Flujo mitral:

Onda E: Rango 0.63 – 1.2m/s. Media de 0.87m/s. Promedio de 0.9 m/s.

Onda A: Rango de 0.3 – 0.69m/s. Media de 0.45m/s. Promedio de 0.46m/s.

Relación E/A: Rango de 1.3 – 2.9. Media de 1.75. Promedio de 1.85.

Patrón de flujo:

Normal (A): 13 (72.22%).

Relajación disminuida (B): 0.

Restrictivo (C): 5 (27.77%).

Fibrilación auricular (D): 0.

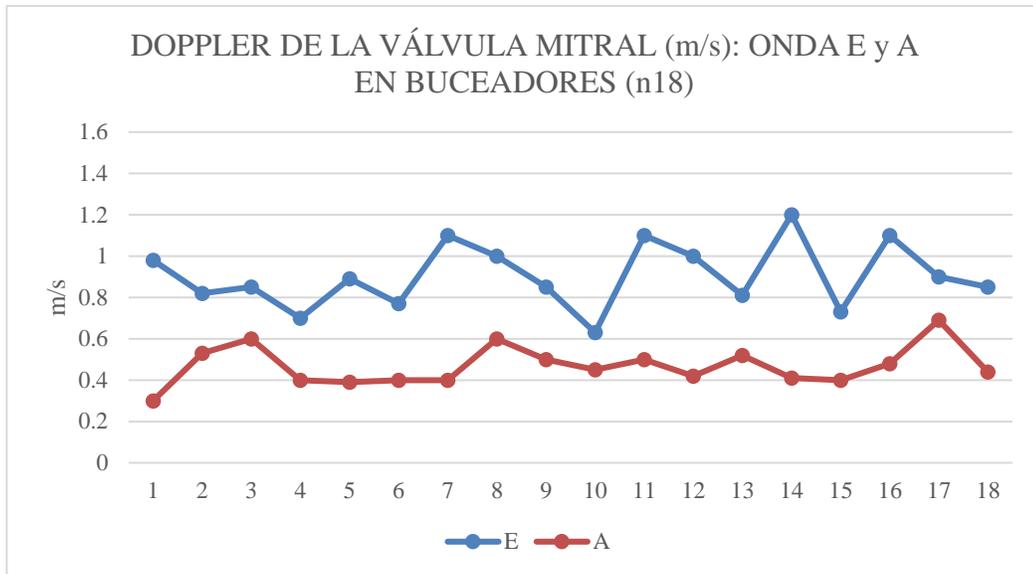
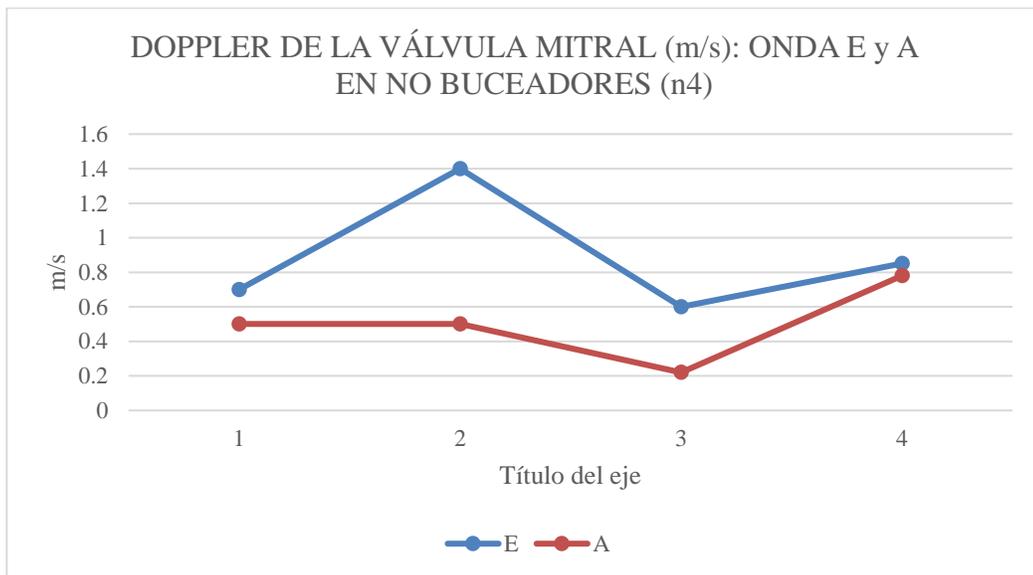


Tabla 17 y 18. Velocidad de flujo de la válvula mitral, línea azul correspondiente a la onda E; Línea naranja correspondiente a la onda A.



Tracto de salida aórtico (TSAo m/s):

No buceadores: Rango de 0.75 – 1.4m/s. Media de 0.97m/s.

Promedio de 1m/s.

Buceadores: Rango de 0.8 – 1.8m/s. Media de 1.1m/s. Promedio de 1.1m/s

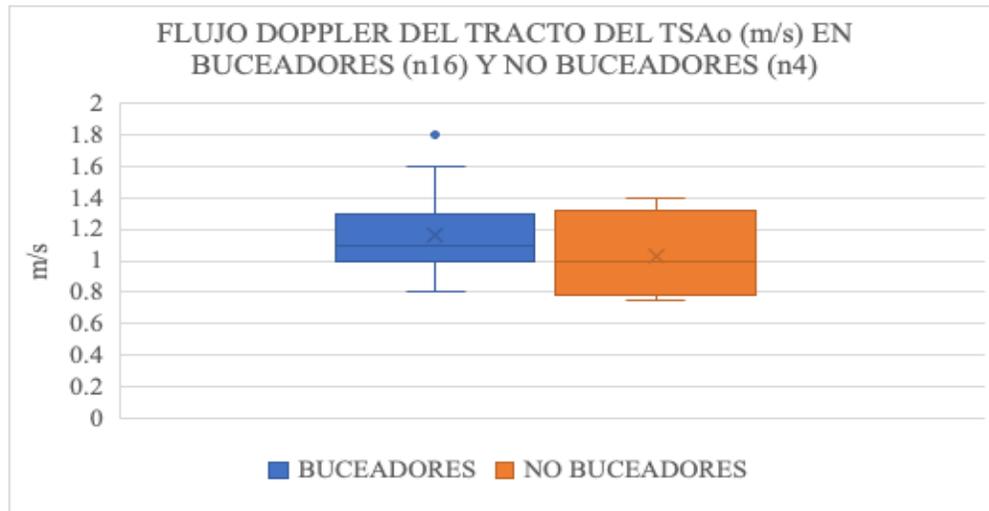


Tabla 19. Velocidad de flujo del tracto de salida aórtico en personas buceadoras y no buceadoras.

Aorta ascendente (Aoasc m/s):

No buceadores: Rango de 0.75 – 1.4m/s. Media de 0.97m/s. Promedio de 1m/s.

Buceadores: Rango de 1 – 1.8m/s. Media de 1.35m/s. Promedio de 1.39m/s.

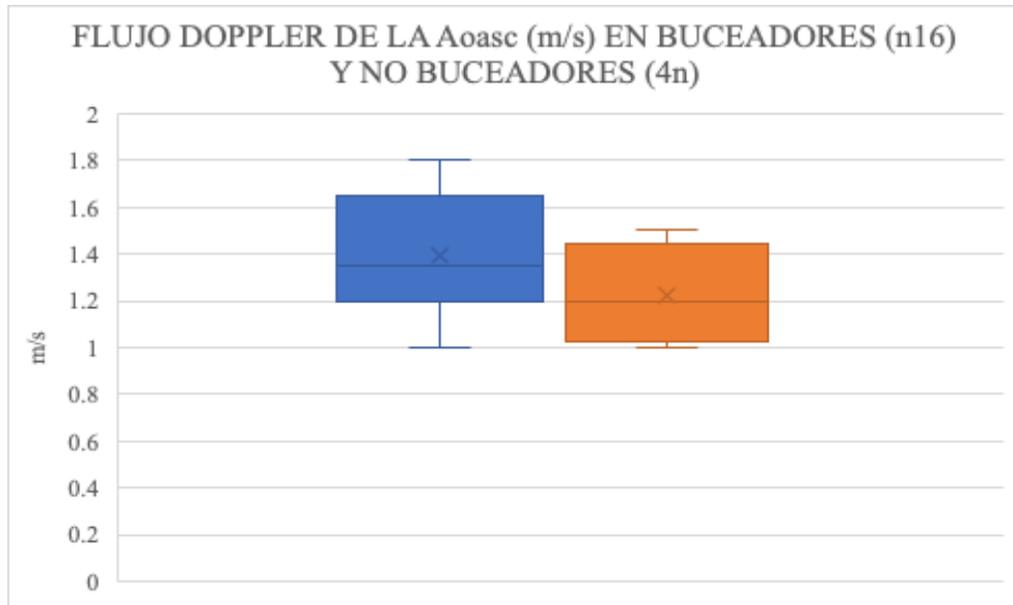


Tabla 20. Velocidad de flujo a nivel de la aorta ascendente mostrando en azul a los buceadores y en naranja al grupo control.

Tricuspídea (m/s):

No buceadores:

Onda E: Rango de 0.4 – 0.57m/s. Media de 0.41m/s. Promedio de 0.41m/s.

Onda A: Rango de 0.15 – 0.43m/s. Media de 0.21m/s. Promedio de 0.24 m/s.

Buceadores:

Onda E: Rango de 0.4 – 0.82m/s. Media de 0.51m/s. Promedio de 0.54m/s.

Onda A: Rango de 0.15 – 0.5m/s. Media de 0.31m/s. Promedio de 0.33m/s.

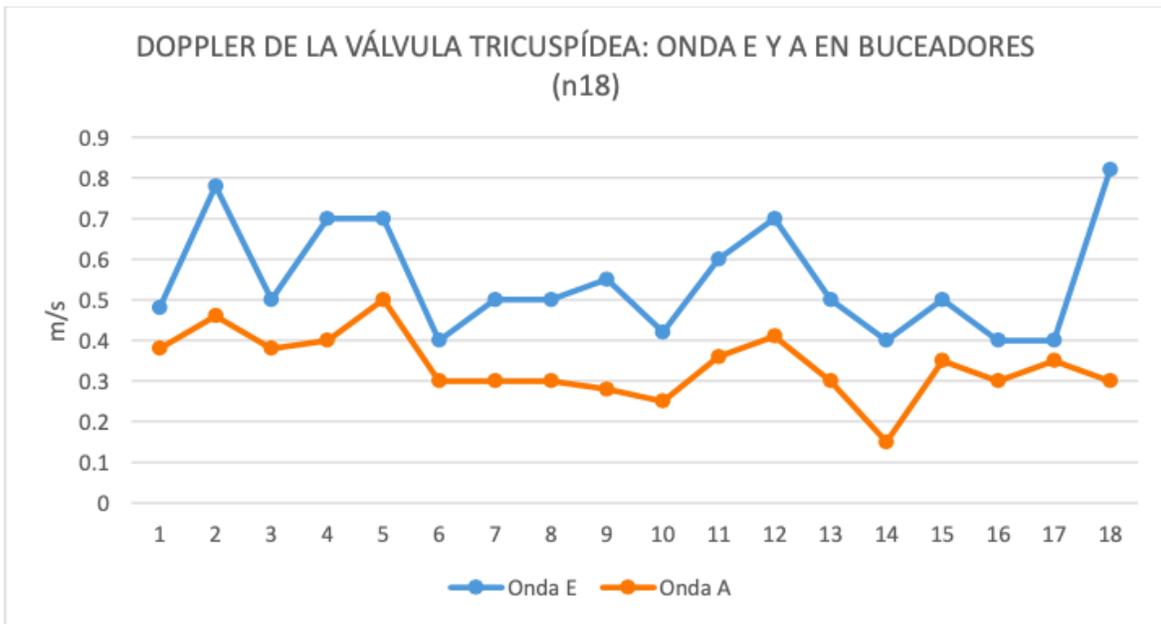
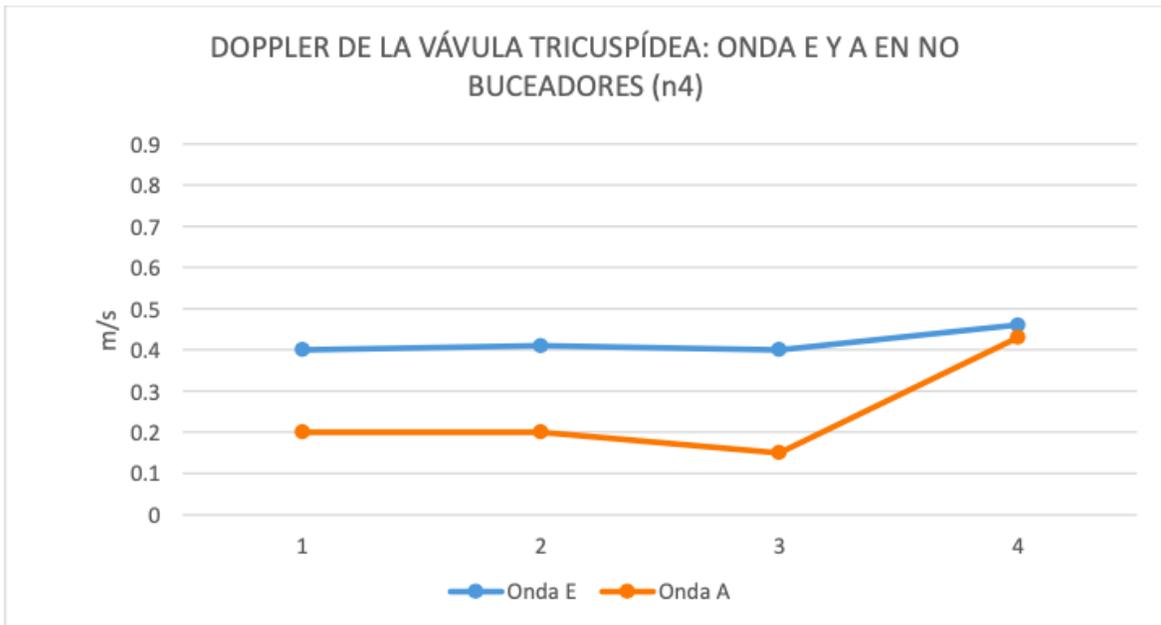


Tabla 20 y 21. Velocidad de Flujo de la válvula tricuspídea en personas buceadoras (tabla superior) y no buceadoras (tabla inferior).



Tronco de la arteria pulmonar (m/s):

No buceadores: Rango de 0.43 – 2m/s. Media de 0.77m/s. Promedio de 1.03m/s.

Buceadores: Rango de 0.35 – 1.85m/s. Media de 0.6m/s. Promedio de 0.76m/s.

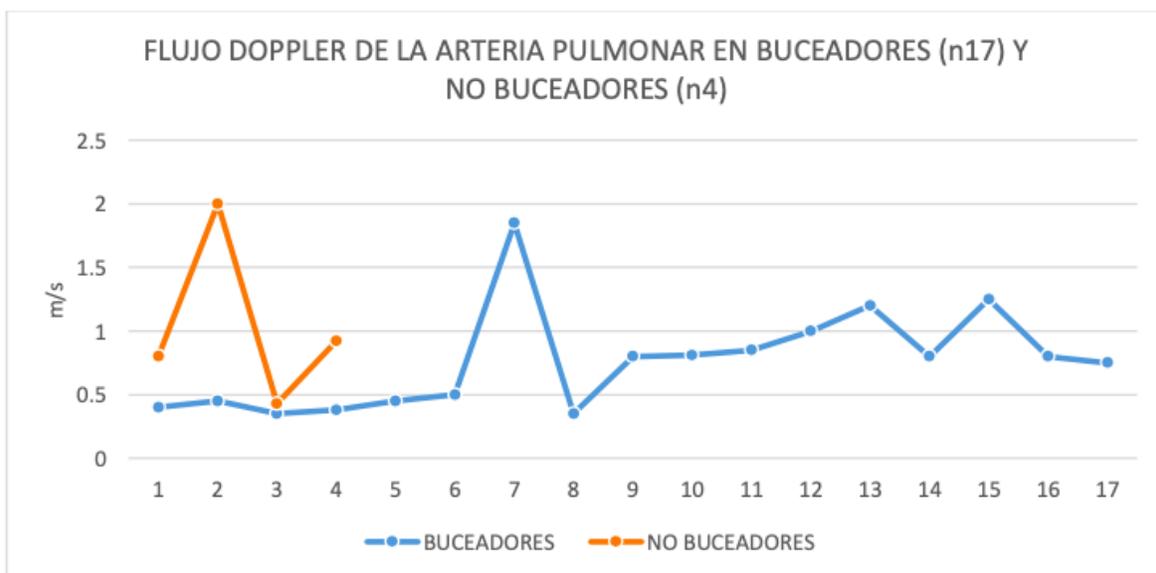


Tabla 22. Velocidad de flujo de la arteria pulmonar común en personas buceadoras y el grupo control.

Doppler tisular:

Ventrículo izquierdo:

Pared lateral:

No buceadores:

Onda S: Rango de 8 – 11cm/s. Media 9.07cm/s.

Promedio de 9.25cm/s.

Onda E: 5.2 – 16 cm/s. Media de 10.3cm/s. Promedio de 12.8cm/s

Onda A: Rango de 3 – 15.7cm/s. Media de 4.91cm/s. Promedio de 7.15cm/s.

Relación E/A: Rango de 0.33 – 5. Media de 1.02. Promedio de 2.9

Buceadores:

Onda S: Rango de 0.15 – 15 cm/s. Media de 9.73cm/s.

Promedio de 10.17cm/s.

Onda E: Rango de 9 – 22cm/s. Media de 14.19cm/s. Promedio de 14.94cm/s

Onda A: Rango de 4 – 11cm/s. Media de 6.05cm/s. Promedio de 6.58cm/s.

Relación E/A: Rango de 1 – 4.2. Media de 1.95. Promedio 2.31.

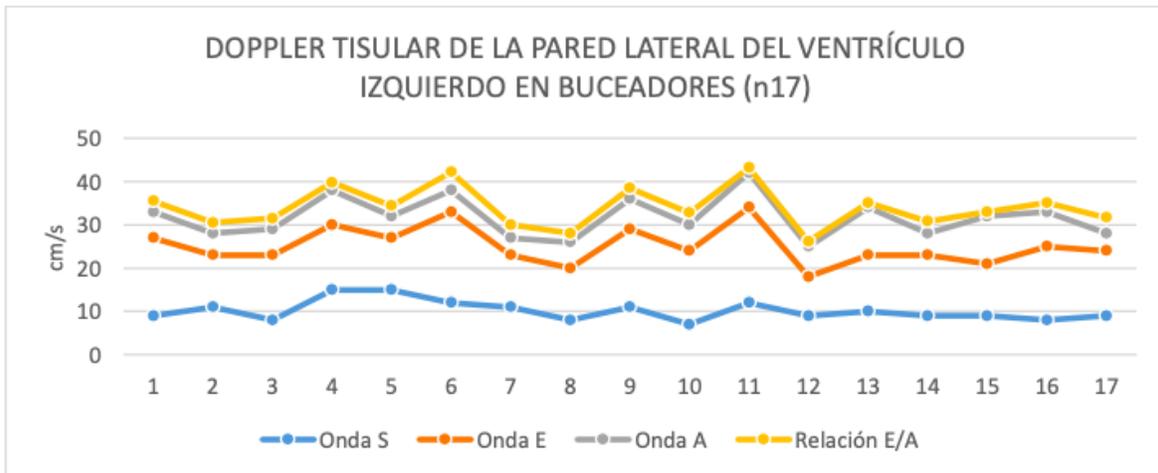
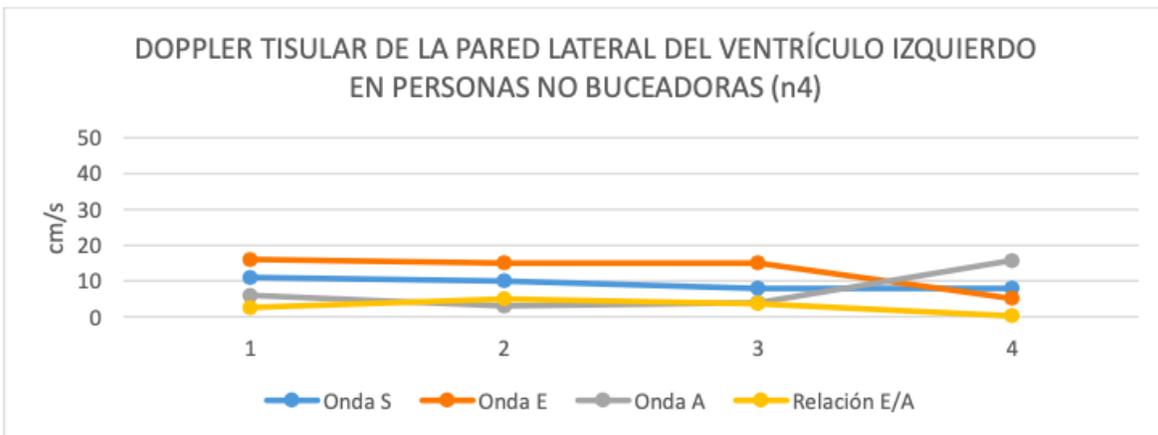


Tabla 23. (Superior) Doppler tisular de la pared lateral del ventrículo izquierdo en personas buceadoras.

Tabla 24. (inferior) Doppler tisular de la pared lateral del ventrículo izquierdo en el grupo control.



Pared septal:

No buceadores:

Onda S: Rango de 6 – 9.3cm/s. Media de 7.83cm/s. Promedio de 8cm/s.

Onda E: Rango de 5.7 – 13cm/s. Media de 8.68cm/s. Promedio de 9.67cm/s.

Onda A: Rango de 5 – 12.2cm/s. Media de 6.16cm/s.

Promedio de 7.05cm/s.

Relación E/A: Rango de 0.46 – 3. Media de 28.22. Promedio de 1.79.

Buceadores:

Onda S: Tango de 7 – 13cm/s. Media de 8.16cm/s.

Promedio de 8.41cm/s.

Onda E: Rango de 7 – 18cm/s. Media de 11.04cm/s. Promedio de 11.76cm/s.

Onda A: Rango de 4 – 9cm. Media de 6.35cm/s. Promedio de 6.79cm/s.

Relación E/A: Rango de 0.7 – 3.5. Media de 15.35. Promedio de 6.79.

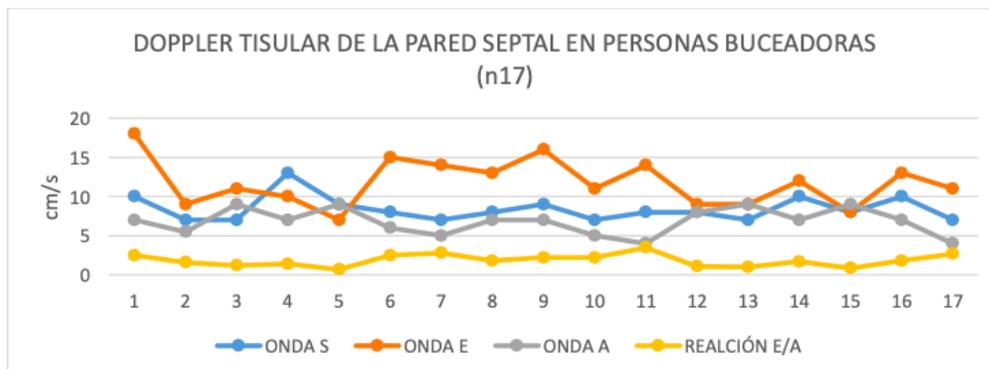


Tabla 25. Doppler tisular pared septal en personas buceadoras.

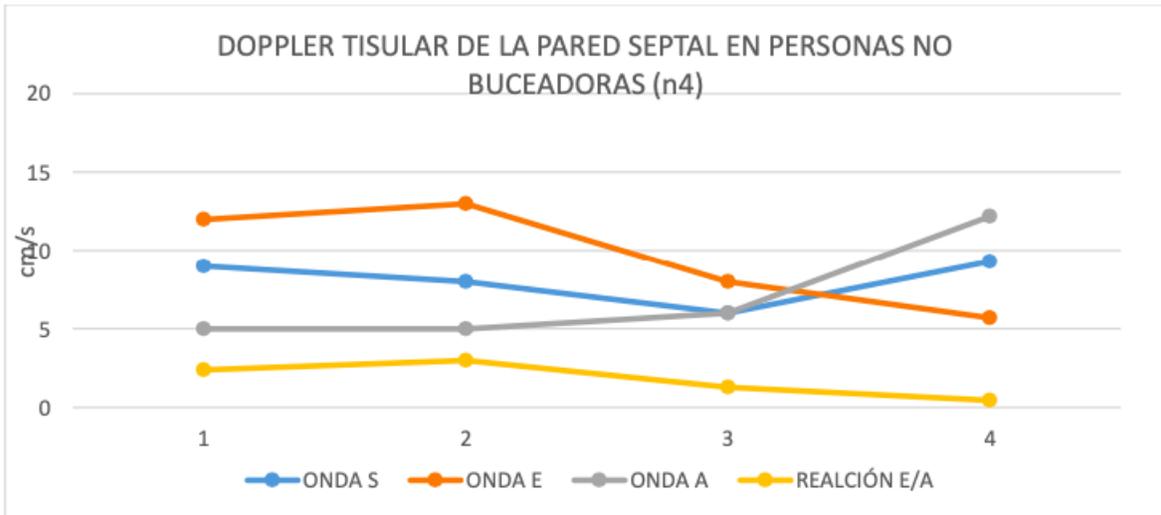


Tabla 26. Doppler tisular septo interventricular en el grupo control.

Pared lateral del ventrículo derecho:

No buceadores:

Onda S: Rango de 10 – 20 cm/s. Media de 13.79cm/s.

Promedio de 14.08cm/s.

Onda E: Rango de 10 – 25cm/s. Media de 15.1cm/s. Promedio de 16.05cm/s.

Onda A: Rango de 0 – 17.5cm/s. Promedio de 10.19cm/s.

Buceadores:

Onda S: Rango de 6 – 15.7cm/s. Media de 10.18cm/s.

Promedio de 11.67cm/s.

Onda E: Rango de 9 – 16cm/s. Media de 11.47cm/s. Promedio de 12.05cm/s.

Onda A: Rango de 5 – 16.8cm/s. Media de 7.02cm/s. Promedio de 8.7cm/s.

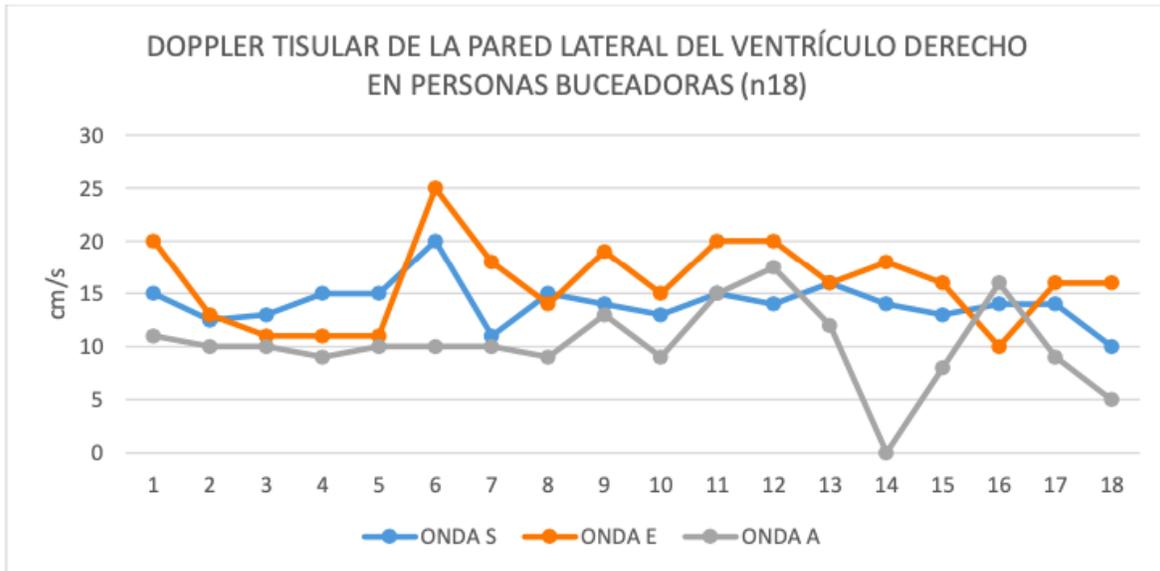


Tabla 27. Doppler tisular de la pared lateral del ventrículo derecho en buceadores.

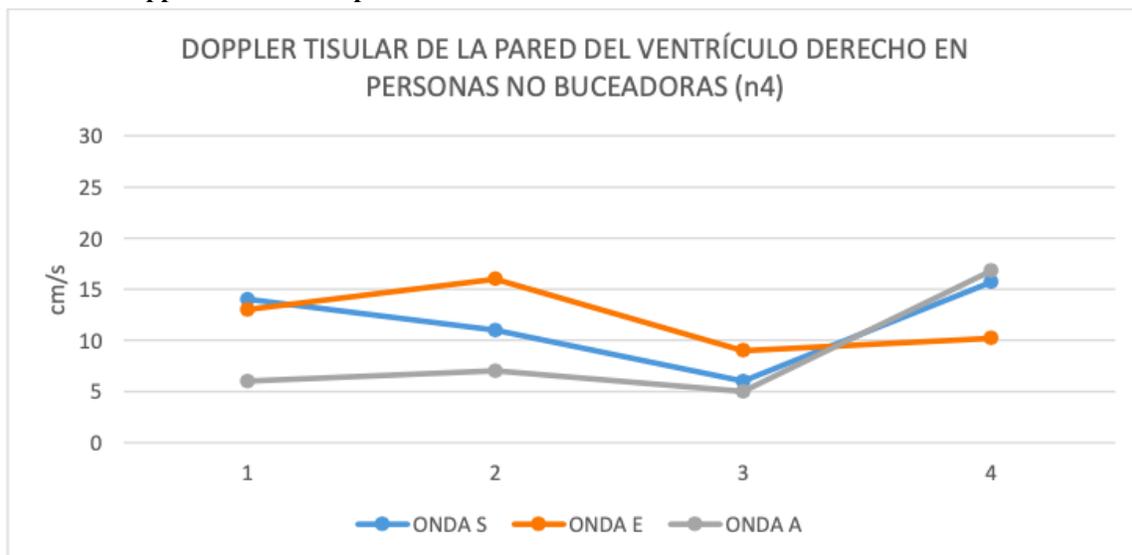


Tabla 28. Doppler tisular de la pared lateral del ventrículo derecho en grupo control.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

No hubo cambios respecto de la tensión arterial y la frecuencia cardíaca. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que se trata de un estudio en estado de reposo, por lo que no se descarta la posibilidad de diferencias entre ambos grupos bajo estrés físico.

El volumen diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo fueron mayores en el grupo de buceadores y que, por lo tanto, presenta un gasto cardíaco mayor respecto del grupo control. La contractilidad global de ambos ventrículos se encuentran conservados.

La masa muscular cardíaca fue por mucho, superada en comparación con el grupo control, registrándose cerca de un 200% mayor respecto de éstos, con remodelación concéntrica concomitante e hipertrofia cardíaca, dichos resultados superan al subgrupo deportista de los no buceadores, lo que sugiere que las actividades de buceo pudieran asociarse a una mayor hipertrofia cardíaca en comparación con personas que realizan actividad física regular diferente al buceo. En cuanto a las aurículas no parecen existir cambios entre los dos grupos, llamando la atención que la dilatación auricular leve se ha registrado en el grupo de no buceadores a expensas de un sujeto femenino que practica natación.

El ventrículo derecho se encontró sin cambios respecto de la ecocardiografía transtorácica en reposo entre ambos grupos. Las dimensiones del tracto de salida aórtico no tuvo cambios entre ambos grupos. No obstante, las dimensiones del tracto de salida del ventrículo derecho y del tronco de la arteria pulmonar es mayor en los buceadores. El diámetro mitral no parece presentar diferencias.

Flujometría:

Las ondas E y A de la válvula mitral del grupo de buceadores se observaron en su mayoría con un patrón normal, seguido de un patrón restrictivo. Se requerirán estudios futuros para verificar esta información o correlacionar con la masa cardíaca u otras variables como el tipo de actividad de buceo que se realiza, tiempo de práctica de éste o profundidad a la que se realiza dicha actividad.

Las velocidades de flujo en el tracto de salida aórtico y aorta ascendente fueron mayores en el grupo de buceadores respecto de los no buceadores. No hubo diferencias entre ambos grupos en relación con la velocidad de flujo tricuspídeo y de la arteria pulmonar.

Doppler tisular:

El ventrículo izquierdo presentó una mayor contractilidad en el grupo de los buceadores. No hubo diferencias significativas respecto del ventrículo derecho en el presente estudio. La contractilidad sistólica y diastólica se aprecia conservada a pesar del patrón restrictivo en algunos pacientes de la flujometría Doppler.

El presente trabajo tiene una muestra no representativa por ser un trabajo con muestra pequeña, no aleatorizada. Aunque la cantidad de voluntarios fue homogénea entre hombres y mujeres en el grupo de los buceadores, el grupo control fue muy pequeño y la distribución entre el sexo masculino y femenino fue desigual. Dentro del mismo grupo de los buceadores se observó que varios sujetos realizaban diferentes actividades de buceo de carácter laboral y recreativo. Algunos ejerciendo más de una forma de buceo, aunque no favorezca la realización de un estudio aleatorizado, puede proporcionar información particular a cada caso dependiendo del tipo de actividad que realice, por lo que podría ser útil en estudios prospectivos.

En el caso del grupo de los no buceadores, se observaron sesgos en algunas de las mediciones ya que uno de los sujetos practica la natación, esta información puede ser útil en discernir en estudios posteriores si hay diferencias en poblaciones estratificadas entre personas que no bucean y realizan actividades de alto desempeño en comparación con los buceadores.

Debe tomarse en cuenta que el estudio es de tipo transversal, observacional y descriptivo. Por lo tanto, no es posible establecer relaciones entre las variables registradas. No obstante, no existe literatura que tomen en cuenta estas mediciones, por lo que una línea de investigación en este ámbito sería de gran ayuda para desarrollar un criterio en el que se determine qué hallazgos pueden ser anormales en el estudio de sujetos de esta población.

Se optó por valorar la función global del ventrículo derecho con Doppler tisular en vez de la medición de la excursión sistólica de la válvula tricuspídea (TAPSE por sus siglas en inglés) por ser más sensible y ser relativamente sencilla de medir.

Aunque La población de buceadores es relativamente, pequeña, el contrar con valores cuantitativos permiten tener un criterio más confiable acerca del espectro de normalidad en la cámara cardíaca de estos sujetos.

Con los resultados documentados en el presente trabajo, pueden desarrollarse líneas de investigación en:

La correlación entre las variables estudiadas en el ecocardiograma y el tipo de buceo que realizan los sujetos, así como el tiempo de evolución e intentar que pudieran documentarse a sexo, área de superficie corporal total para determinar rangos biométricos estandar en este tipo de pacientes.

Valoración clínica para una detección y conducta terapéutica oportuna.

Estos resultados son a partir de un estudio en reposo a nivel del mar, no se sometieron a ningún otro tipo de situación de estrés físico, por lo que, es de esperarse que se observen otros hallazgos de carácter biométrico y funcional en otros escenarios que no son medibles en este trabajo.

CONCLUSIONES

Se confirma la hipótesis de que existen diferencias cuantitativas ecocardiográficas en reposo a una atmósfera absoluta entre personas buceadoras y no buceadoras. Se observó además que incluso dentro del grupo de buceadores presentó diferencias en algunas variables principalmente en la cantidad de masa cardíaca, probablemente debido a los diferentes tipos de buceo que se realizan, el tiempo de práctica de esta actividad o la profundidad de buceo.

Es necesario realizar más estudios con un enfoque específico en este tipo de población para determinar si existe asociación entre estas variables con los hallazgos encontrados.

Se debe recordar que el presente trabajo contiene información a partir de variables cuantitativas ecocardiográficas no documentadas previamente en estado de reposo a nivel del mar, por lo que es meritorio su consideración para esta población específica de pacientes y reconocer la normalidad funcional y estructural cardíaca basal para proporcionar una atención médica adecuada. Son necesarios estudios complementarios que le sumen validez una vez que aumente la muestra de estudio de manera considerable hasta ser lo suficientemente representativa y poder determinar asociaciones morfológicas y estructurales acordes al tipo de buceo que realizan los pacientes, el tiempo de evolución o si existe alguna relación con la profundidad de las actividades subacuáticas entre otras.

LITERATURA CITADA

1. PADI. 2019. <https://www.padi.com/sites/default/files/documents/2019-02/2019%20PADI%20Worldwide%20Statistics.pdf>
2. BETH W. 2008. Ultrasound History Radiology Today Vol. 9 No. 24 P. 28 Joan Baker delivers the McLaughlin Lecture at the 2008 SDMS Conference. http://www.radiologytoday.net/archive/rt_1_20108p28.shtml#sthash.UaDu9KXL.dpuf
3. GRISOGLIA G. 2018. RealisticVue™ and CrystalVue™: a pictorial view in obstetrics practice <https://www.neurologica.com/hubfs/Crystal%20Vue%20Grisolia%20White%20Pages%20Italy.pdf>
4. ROBERTO M. 2015. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. <https://asecho.org/wp-content/uploads/2015/01/ChamberQuantification2015.pdf>
5. PAUL G. Conceptual Physics for Teachers and Parents: Mechanics by Paul G. Hewitt (1998-09-03) Mass Market Paperback – January
6. American Institute of Ultrasound in Medicine. Medical Ultrasound Safety. 3rd ed. Laurel, MD: American Institute of Ultrasound in Medicine. 2014.
7. American Institute of Ultrasound in Medicine, 2016. Recommended maximum scanning times for displayed thermal index (TI) values. American Institute of Ultrasound in Medicine. Website. <https://www.aium.org/resources/statements.aspx>. Octubre 30, 2016.

8. FYFE C. 1985. Therapeutic Ultrasound: Some historical background development in knowledge of its effect on healing. *The Australian Journal of Physiotherapy*.
9. DOUGLAS M. 2012. Overview of therapeutic ultrasound applications and safety considerations. *Journal Ultrasound Mec*. Abril, 2012, 31, 4: 623-634.
10. POSTAL E. 2018 *Sonographers: The Good, the Bad, and the Ugly Attitude*
11. POWELL M. 1972. Leg pain and gas bubbles in the rat following decompression from pressure: monitoring by ultrasound. *Aerosp. Med*.
12. MARGARET F 1973. Detection intravascular bubbles by ultrasound in the minipig after hyperbaric exposure. Filtering role of the lung. *Underwater medicine and related sciences Bull. Medsubhyp*, Dec, 10: 50-53.
13. SIEBER, A. 2010. Advanced instrumentation for research in diving and hyperbaric medicine. *UHM* 2010, 37, 5.
14. CIALONI D. 2015 Flying after diving: in-flight echocardiography after scuba diving week. *Aviation, Space, Environmental Medicine*. Octubre 85, 10: 1-7
15. ULRICH, W. 1972 Acoustic-optical detection of decompression sickness in hamsters. *U. S. Nav. Med. Res. Inst., Med. Res. Prog. Resp.* Mar, 3, 23 1.
16. LESLEY S. 2014 Review article. Ultrasound detection of vascular decompression bubbles: The influence of new technology and considerations on bubble load. *Mar*, 44, 1.
17. GERMONPRE P .2014. The use of portable 2D echocardiography and "frame-based" bubble counting as a tool to evaluate diving decompression stress. *Diving Hyperb Med*. Mar, 44, 1: 5-13.

18. BELARDINELLI A. 2008. Cardiac function during breath-hold diving in humans: An echocardiographic study. UHM, 35, 2.
19. MARABOTTI C. 2013 Cardiovascular changes during SCUBA diving: an underwater Doppler echocardiography study. Acta Physiol, 209: 62-68.
20. ASMUL K. 2017. Diving and long-term cardiovascular health. Occupational Medicine , 67: 371-376. doi: 10.1093/occmed/kq049
21. BOUSSUGES A. 2007 ECHOCARDIOGRAPHY IN MILITARY OXYGEN DIVERS. Aviat Space Environ Med. 2007 May, 78, 5: 500-4.
22. POLLOCK N. 2014 Ultrasound detection of decompression-induced bubbles. SPUMS, EUBS. Diving and Hyperbaric Medicine. 2014; 44: 1.
23. AMA. 1973. Tissue gas uptake at elevated pressures determined in vivo by mass spectrometry. In: Aerospace Medical Association. 1973 annual scientific meeting, Las Vegas Nevada, May. Preprints, p.237-238. Published by the association
24. NISHI, R. 1973. Intravascular changes associated with hyperbaric decompression: Theoretical considerations using ultrasound, Feb, Aerosp Med 44: 179-183.
25. HAMILTON R. 1971. Two approaches to the study of decompression sickness. In: Abstracts of Bu Med-ONR sponsors Navywide workshop in high pressure biomedical research, U.S. Submarine Base, Groton, May: 24
26. GAWTHROPE I. 2012. Ultrasound in diving and hyperbaric medicine. Diving and hyperbaric medicine. Mar, 42, 1: 36-39.
27. FRASSI F. 2008. Chest sonography detects lung water accumulation in healthy elite apnea divers, Italy. Journal of the American Society of Echocardiography. 2008, 21, 10: 1150-1155.

28. THAIS R. Into Space A journey 918. of how humans adapt and live in microgravity. p.60- 61.
29. MOLLERLOKKEN A. 2016 CONSENSUS DEVELOPMENT CONFERENCE. Diving and hyperbaric Medicine, Mar, 46: 1 :26-31.
30. BOUSSUGES A. Echocardiography in military oxygen divers. Aviation, Space and Environmental Medicine.2007, junio.
31. MADDEN D.2015. Intrapulmonary shunt and SCUBA diving: another risk factor? Department of integrative physiology, University of split school of medicine. Split Croacia. doi: 10.1111/echo.12815
32. ANZOLA G. 2019. Real world thoracic echocardiography for the assessment of right to left shunt: Experience from scuba divers. Acta scientific neurology. Jul, 2, 7: 17-21.
33. MOLLERLOKKEN A. 2016. CONSENSUS DEVELOPMENT CONFERENCE. Diving and hyperbaric Medicine, Mar, 46: 1 :26-31.
34. POWELL M. 1972. Gas phase separation following decompression in asymptomatic rats: visual and ultrasound monitoring. Aerosp Med, Nov, 43: 1240-1244.
35. SMITH K. 1971 Application of Doppler Ultrasound to the objective detection of decompression sickness and etiology and pathogenesis of aseptic bone necrosis. In: Abstracts of BuMed-ONR sponsored Navywide workshop in high pressure biomedical research, U.S. Submarine Base, Groton, Conn. May, p.25.
36. ACKLES K. 2012. Biochemical indicators of decompression sickness: Blood-bubble interaction in decompression sickness, Proceedings of an international symposium held at Defense and Civil Institute of Environmental Medicine.
37. PÉREZ M. 2014. INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA. PARANINFO.

38. RUMACK. 2020. Diagnostic ultrasound. Mosby, ELSEVIER. 5th edition.
39. WELLS P. 1998. Physics and bioeffects. Diagnostic ultrasound, a logical approach. Philadelphia. Lippincott-Raven. 1-19.
40. Mittelstaedt C. 1997. General Ultrasound. Marbán. Segunda edición.
41. HOSKINS P. Martin K, Thrush A. Diagnostic ultrasound physics and equipement. Cambridge University Press. 2010.
42. ALLAN A. 2008. Ecografía Doppler clínica. ELSEVIER. Segunda edición.
43. POLAK. 2013. Doppler Cuello y extremidades. Marbán.
44. CABRERA. 2011. Guía esencial de ecocardiografía. Panamericana.
45. KADDOURA S. 2010. Ecocardiografía fácil. ELSEVIER.

ANEXOS

Valores de referencia modificados de CABREBBA, “Guía esencial de ecocardiografía” Ed.

Panamericana 2011:

Anexo 1. Valores de referencia de diámetros y volúmenes del ventrículo izquierdo								
	Hombres				Mujeres			
	Normal	Dilatación ligera	Dilatación moderada	Dilatación severa	Normal	Dilatación ligera	Dilatación moderada	Dilatación severa
Diámetros								
DdVI (mm)	42-59	60-63	64-68	>69	39-53	54-57	58-61	>62
DdVI/SC (mm/m ²)	22-31	32-34	35-36	>37	24-32	33-34	35-37	>38
Volúmenes								
VdVI (ml)	67-155	156-178	179-200	>201	56-104	105-117	118-130	>131
VdVI/SC (ml/m ²)	35-75	76-86	87-96	>97	35-75	76-86	87-96	>97
VsVI (ml)	22-58	59-70	71-82	>83	19-49	50-59	60-69	>70
VsVI/SC (ml/m ²)	12-30	31-36	37-42	>43	12-30	31-36	37-42	>43

DdVI: Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo; SC: Superficie corporal; VdVI: Volumen diastólico del ventrículo izquierdo; VsVI: Volumen sistólico del ventrículo izquierdo. Modificado de CABRERA 2011.

ANEXO 2. Valores de referencia de masa del ventrículo izquierdo								
	Hombres				Mujeres			
	Normal	Hipertrofia ligera	Hipertrofia moderada	Hipertrofia severa	Normal	Hipertrofia ligera	Hipertrofia moderada	Hipertrofia severa
Modo M								
Masa VI (gr)	88-224	225-258	259-292	>293	67-162	163-186	187-210	>211
Masa VI/SC (g/m ²)	49-115	116-131	132-148	>149	43-95	96-108	109-121	>122
GPR	0.24-0.42	0.43-0.46	0.47-0.51	>0.52	0.22-0.42	0.43-0.47	0.48-0.52	>0.53
GdTIV (mm)	6-10	11-3	14-16	>17	6-9	10-12	13-15	>16
GdPP (mm)	6-10	11-3	14-16	>17	6-9	10-12	13-15	>16
Bidimensional								
Masa VI (gr)	96-200	201-227	228-254	>255	66-150	151-171	172-182	>183
Masa VI/SC (gr/m ²)	50-102	103-116	117-130	>131	44-88	89-100	101-112	>113

VI: Ventrículo izquierdo; SC: Superficie corporal; GPR: Grosor parietal relativo; GdTIV: Grosor diastólico del tabique interventricular; GdPP: Grosor diastólico de la pared posterior. Modificado de CABRERA 2011.

Anexo 3. Valores de referencia de las medidas de función sistólica global del ventrículo izquierdo

	Hombres				Mujeres			
	Normal	Disfunción ligera	Disfunción moderada	Disfunción severa	Normal	Disfunción ligera	Disfunción moderada	Disfunción severa
FE (%)	>55	45-54	30-44	<30	>55	45-54	30-44	<30
FA (%)	25-43	20-24	15-19	<14	27-45	22-26	17-21	<16
DAM (mm)	>10		<8		>10		<8	
Dist. E-tabique (mm)	<6		>6		<6		>6	
ASVAM (°)	5-30		>30		5-30		>30	
dP/dt (mmHg/s)	>1200		<800		>1200		<800	
IFM (s)	0.34-0.44		>0.45		0.34-0.44		>0.45	
Vmax Onda Sam (m/s)	>0.08		<0.07		>0.08		<0.07	

FE: Fracción de eyección; FE: Fracción de eyección; FA: Fracción de acortamiento; DAM: Desplazamiento del anillo mitral; Dist: Distancia; ASVAM: Ángulo septo- valva anterior mitral; IFM: Índice de funcionamiento miocárdico; Vmáx: Velocidad máxima; Sam: Onda sistólica del anillo mitral. Modificado de CABRERA 2011.

Anexo 4. Valores de referencia en el estudio de la función diastólica				
Medida	Edad (años)			
	16-20	21-40	41-60	>60
TRIV (ms)	50 (32-68)	67 (51-83)	74 (60-88)	87 (73-101)
Cociente E/A	1.88 (0.98-2.78)	1.53 (0.73-2.33)	1.28 (0.78-1.78)	0.96 (0.60-1.32)
TD (ms)	142 (104-180)	166 (138-194)	181 (143-219)	200 (142-258)
Duración de A (ms)	113 (79-147)	127 (101-153)	133 (107-159)	138 (100-176)
Cociente S/D de WPP	0.82 (0.46-1.18)	0.98 (0.34-1.62)	1.21 (0.81-1.61)	1.39 (0.45-2.33)
Ar WPP (m/s)	0.16 (0.01-0.36)	0.21 (0.05-0.37)	0.23 (0.17-0.29)	0.25 (0.11-0.39)
Duración Ar WPP (ms)	66 (1-144)	96 (30-162)	112 (82-142)	113 (53-173)
E`septal (m/s)	0.15 (0.10-0.20)	0.15 (0.10-0.20)	0.12 (0.08-0.17)	0.10 (0.06-0.14)
Cociente E'/A'	2.4	1.6 (0.6-2.6)	1.1 (0.5-1.7)	0.85 (0.45-1.25)
E`lateral (m/s)	0.20 (0.13-0.28)	0.20 (0.14-0.26)	0.16 (0.11-0.21)	0.13 (0.06-0.20)
Cociente E'/A'	3.1	1.9 (0.7-3.1)	1.5 (0.5-2.5)	0.9 (0.1-1.7)

TRIV: Tiempo de relajación isovolumétrica; TD: Tiempo de desaceleración; VVPP: Venas pulmonares; Ar: Onda A retrógrada.

Modificado de CABRERA 2011.

Anexo 5. Valores de referencia de los diámetros, área y volúmenes de las aurículas izquierda y derecha

	Hombres				Mujeres			
	Normal	Dilatación ligera	Dilatación moderada	Dilatación severa	Normal	Dilatación ligera	Dilatación moderada	Dilatación severa
Diámetros								
DAI (mm)	30-40	41-46	47-52	>52	27-38	39-42	43-46	>47
DAI/SC (mm/m ²)	15-23	24-26	27-29	>30	15-23	24-26	27-29	>30
DAD (mm)	29-45	46-49	50-54	>55	29-45	46-49	50-54	>55
DAD/SC (mm/m ²)	17-25	26-28	29-31	>32	17-25	26-28	29-31	>32
Área								
Área de AI (cm ²)	<20	20-30	30-40	>40	<20	20-30	30-40	>40
Volúmenes								
VAI (ml)	18-58	59-68	69-78	>70	22-52	53-62	63-72	>73
VAI/SC (ml/m ²)	16-28	29-33	34-39	>40	16-28	29-33	34-39	>40

DAI: Diámetro de la aurícula izquierda; SC: Superficie corporal; DAD: Dimensiones de la aurícula derecha en eje corto; AI: Aurícula izquierda; VAI: Volumen de la aurícula izquierda.
Modificado de CABRERA 2011.

Anexo 6. Valores de referencia de las dimensiones del ventrículo derecho

Medidas	Medida (rango de normalidad)
Diámetro basal del VD (mm)	33 (24-42)
Diámetro medio del VD (mm)	28 (20-35)
Diámetro longitudinal del VD (mm)	71 (56-86)
Área telediastólica del VD (cm ²)	18 (10-25)
Área telesistólica del VD (cm ²)	9 (4-14)
Volumen telediastólico del VD indexado (ml/m ²)	62 (44-80)
Volumen telesistólico del VD indexado (ml/m ²)	33 (19-46)
Grosor de pared del VD en plano subcostal (mm)	5 (4-5)
Grosor parietal del TSVD (mm)	3 (2-5)
Diámetro del TSVD (mm)	25 (18-33)
Diámetro proximal del TSVD (mm)	28 (21-35)
Diámetro distal del TSVD (mm)	22 (17-27)

VD: Ventrículo derecho; TSVD: Tracto de salida del ventrículo derecho. Modificado de CABRERA 2011.

Anexo 7. Valores normales de los parámetros de función sistólica del ventrículo derecho

Parámetros	Media (rango de normalidad)
TAPSE (mm)	23 (16-30)
S' del anillo tricúspide (m/s)	0.15 (0.10-0.19)
Índice de Tei por Doppler pulsado	0.28 (0.15-0.40)
Índice de Tei por Doppler tisular	0.39 (0.24-0.55)
Cambio fraccional de área (%)	49 (35-65)
Fracción de eyección (%)	58 (44-71)
AMI (m/s ²)	3.7 (2.2-5.2)

TAPSE: Excursión sistólica del anillo tricúspide; S': Velocidad sistólica máxima medida con Doppler tisular; AMI: Aceleración miocárdica en fase de contracción isovolumétrica. Modificado de CABRERA 2011.

Anexo 8. Valores normales de los parámetros de función diastólica del ventrículo derecho

Parámetros	Media (rango de normalidad)
E (m/s)	0.54 (0.35-0.73)
A (m/s)	0.40 (0.21-0.58)
Cociente E/A	1.4 (0.8-2.1)
Tiempo de desaceleración (ms)	174 (120-229)
Tiempo de relajación isovolumétrica (ms)	48 (23-73)
E' (m/s)	0.14 (0.08-0.20)
A' (m/s)	0.13 (0.07-0.20)
Cociente E'/A'	1.2 (0.5-1.9)
Cociente E/E'	4 (2-6)

Variables referentes a la función diastólica del ventrículo derecho Modificado de CABRERA 2011.