

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Grado en Medicina**



## **CONCORDANCIA ENTRE LA SECUENCIA ANATÓMICA Y 4D FLOW PARA LA ESTIMACIÓN DE MEDICIÓN DE DIÁMETRO AÓRTICO POR CARDIORRESONANCIA MAGNÉTICA**

Tutor clínico: Ana Álvarez Vázquez.

Servicio: Radiología.

Tutor metodológico: Iria de la Osa Subtil.

Alumno: Ana Alonso Tejederas.

Hospital: Hospital Universitario Quirónsalud Madrid.



## ÍNDICE

<b>RESUMEN Y PALABRAS CLAVE</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT AND KEY WORDS</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>6</b>
<b>DISEÑO</b> .....	<b>6</b>
<b>ÁMBITO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO</b> .....	<b>6</b>
<b>CÁLCULO TAMAÑO MUESTRAL</b> .....	<b>7</b>
<b>VARIABLES</b> .....	<b>7</b>
<b>RECOGIDA DE DATOS</b> .....	<b>9</b>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	<b>11</b>
<b>ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES</b> .....	<b>11</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>12</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>20</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>22</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>26</b>
<b>ANEXO I. RESOLUCIÓN POSITIVA DEL COMITÉ DE ÉTICA</b> .....	<b>26</b>



## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

**Resumen:** la aorta, la arteria más grande del organismo, puede presentar variaciones en su diámetro debido a factores estructurales. La detección temprana de su dilatación aneurismática es crucial para prevenir complicaciones. Actualmente, existen diversas técnicas de imagen no invasivas para evaluar su anatomía y dimensiones, entre ellas la ecografía, la tomografía computarizada y, especialmente, la resonancia magnética, considerada el método de elección para este fin.

En los últimos años, se han desarrollado secuencias avanzadas como la 4D Flow, que permite analizar el flujo sanguíneo en tres dimensiones espaciales más el tiempo, coincidiendo con el ciclo cardíaco. El objetivo de este estudio fue comparar la concordancia diagnóstica en la medición del diámetro aórtico entre las secuencias anatómica y 4D Flow.

**Material y métodos:** se realizó un estudio retrospectivo y observacional en el Hospital Universitario Quirónsalud Madrid, midiendo los diámetros aórticos mediante cardiorresonancia magnética en ambas secuencias realizadas entre 2018 y 2022.

**Resultados:** mostraron una alta concordancia intraobservador (coeficiente de correlación intraclassa  $> 0.86$ ) e interobservador (entre 0.81 y 0.93) en secuencia 4D Flow mostrando una concordancia buena y muy buena. Por sexo, la secuencia 3D mostró diferencias significativas en el anillo aórtico ( $p < 0.01$ ) y aorta descendente proximal ( $p < 0.048$ ). En hipertensos, las medidas de aorta fueron mayores (3D: aorta ascendente media  $1626 \pm 405 \text{ mm}^2$ ; 4D Flow similar). Sujetos con válvulas tricúspides tuvieron mayores diámetros en arco y aorta descendente. No hubo diferencias en el resto de las variables. El 58.3% presentó dilatación ( $> 38 \text{ mm}$ ) con probable flujo turbulento.

**Conclusión:** la secuencia 4D Flow se mostró eficaz para valorar el diámetro aórtico y detectar alteraciones clínicas relevantes. Este estudio apoya su uso como herramienta valiosa en la evaluación de enfermedades aórticas, especialmente en pacientes con factores de riesgo cardiovasculares.

**Palabras clave:** RM cardíaca, Flujo 4D por RM, Aorta, Diámetro, Concordancia.

## ABSTRACT AND KEY WORDS

**Background:** the aorta, the largest artery in the body, can exhibit variations in its diameter due to structural factors. Early detection of aneurysmal dilation is crucial to prevent complications. Currently, various non-invasive imaging techniques are available to assess its anatomy and dimensions, including ultrasound, computed tomography, and especially magnetic resonance imaging (MRI), which is considered the method of choice for this purpose.

In recent years, advanced sequences such as 4D Flow have been developed. This technique enables the analysis of blood flow in three spatial dimensions plus time, corresponding to the cardiac cycle. The objective of this study was to compare diagnostic concordance in the measurement of aortic diameter between anatomical (3D) and 4D Flow sequences.

**Material and methods:** a retrospective observational study was conducted at Hospital Universitario Quirónsalud Madrid, measuring aortic diameters using cardiac MRI in both sequences performed between 2018 and 2022.

**Results:** the study showed high intra-observer agreement (intraclass correlation coefficient  $> 0.86$ ) and inter-observer agreement (ranging from 0.81 to 0.93) for the 4D Flow sequence, indicating good to very good concordance. Regarding sex-based differences, the 3D sequence showed significant differences in the aortic annulus ( $p > 0.01$ ) and proximal descending aorta ( $p < 0.048$ ). In hypertensive patients, aortic measurements were large (3D: mean ascending aorta  $1626 \pm 405$  mm<sup>2</sup>; 4D Flow similar). Subjects with tricuspid valves had larger diameters in the aortic arch and descending aorta. No significant differences were found for other clinical variables. A total of 58.3% showed dilatation ( $> 38$  mm) and probable turbulent flow.

**Conclusions:** the 4D Flow sequence proved effective in assessing aortic diameter and detecting clinically relevant abnormalities. This research supports its use as a valuable tool in the evaluation of aortic diseases, particularly in patients with cardiovascular risk factors.

**Key words:** Cardiac RM, 4D flow cardiac MRI, Aorta, Diameter, Concordance.

## INTRODUCCIÓN

La aorta es la arteria más grande dentro del organismo humano. Tiene origen en el ventrículo izquierdo cardiaco y su recorrido inicial abarca desde el mediastino anterior hasta el posterior (1). La porción torácica consta de aorta ascendente, cayado aórtico y aorta descendente que finaliza a su paso por el diafragma (2). En cuanto a su morfología, el diámetro aórtico varía según factores como el sexo, tamaño corporal, edad, cifras de presión arterial media y ascendencia situándose entre 20 mm en hombres y 19,6 mm en mujeres en su diámetro mayor (aorta ascendente proximal) existiendo una correlación positiva conforme aumenta la edad y el tamaño corporal (3).

En consecuencia, cuando este diámetro supera los valores normales esperados para un paciente determinado, se habla de dilatación aórtica. Según las guías de la American College of Cardiology y la American Heart Association, una aorta ascendente se considera dilatada cuando su diámetro es igual o superior a 4 centímetros. A su vez, el aneurisma aórtico se define como una dilatación localizada y permanente de la aorta que es al menos un 50% mayor que el diámetro esperado de la arteria en cuestión. En el caso de la aorta ascendente, se considera aneurisma cuando el diámetro es de 4.5 centímetros o más, debido al incremento significativo del riesgo de complicaciones a partir de ese tamaño (4).

En relación con la epidemiología, se ha observado un aumento progresivo en las tasas de hospitalización por dilatación y aneurismas de la aorta torácica en España. Un estudio observacional basado en la población española entre 2001 y 2012 reveló un incremento significativo en las tasas de alta hospitalaria por aneurisma y disección de la aorta torácica en pacientes no diabéticos, pasando de 17.39 casos por 100.000 personas en 2001-2003 a 21.75 casos por 100.000 personas en 2010-2012 (5). De forma similar, las guías de la European Association for Cardiothoracic Surgery y la Society of Thoracic Surgeons estiman una incidencia de aneurismas de la aorta torácica de entre 5 a 10 casos por 100.000 personas al año, evidenciando un aumento generalizado. En el contexto español, se ha observado una tendencia similar con un aumento en las tasas

de cirugía y una reducción en la mortalidad tras el diagnóstico de disección aórtica en las últimas dos décadas (6).

Para su evaluación diagnóstica, se utilizan técnicas como la ecografía transtorácica, la tomografía computarizada y la resonancia magnética. En todas ellas se emplea el método “inner edge-to-inner edge”, que contempla el interior de la pared como inicio y final de la medida (7). Los puntos anatómicos recomendados para su medida son: anillo aórtico, seno de Valsalva, unión sinotubular, aorta ascendente media, arco aórtico proximal, arco aórtico medio, aorta descendente proximal y aorta descendente media (8).

Entre estas técnicas, la resonancia magnética destaca por ser un método no invasivo de alta resolución que permite estudiar el sistema cardiovascular sirviéndose de principios físicos basados en el cambio de fase y magnitud de los spins de los átomos de hidrógeno sometidos a un campo magnético y pulsos de frecuencia. Es la prueba de elección en la valoración de aorta, pues permite un estudio tanto morfológico como funcional de gran resolución (9), aportando información extra sobre anatomía, dinámica e información de flujo valvular y ventricular.

Dentro de las distintas secuencias que ofrece la resonancia magnética, se incluyen: secuencia cine SSFP (Steady-State Free Precession), angiografía con contraste, angiografía sin contraste, secuencias de flujo (phase contrast) 2D (PC) y 4D-Flow (10). Es concretamente ésta última, objeto del estudio, la prueba que ofrece una nueva evaluación integral de la aorta que combina información morfológica y dinámica de fluidos y su comportamiento a través del paso por las distintas estructuras cardiacas y vasculares. Permite evaluar parámetros avanzados los cuales tienen el potencial de caracterizar de forma superior la enfermedad aórtica e implementar la predicción de resultados, toma de decisiones clínicas y tratamiento personalizado en cada paciente (11).

Desde el punto de vista físico, la secuencia 4D Flow utiliza principios de contraste de fase que registran el movimiento de los protones de hidrógeno de la sangre en las tres dimensiones del espacio, proporcionando información sobre la velocidad del flujo (12).

Gracias a estas características, esta técnica permite obtener parámetros hemodinámicos avanzados como el flujo y velocidad de la sangre en su recorrido por las estructuras cardíacas, el estrés en la pared de los vasos, la vorticidad y helicidad, cuyos datos ayudan a entender la dinámica del flujo en la aorta y su relación con patologías que tienen como sustrato el remodelado de la anatomía vascular (13,14).

Además, se ha mostrado que la secuencia 4D Flow es tan eficaz como la secuencia 2D PC en la clasificación de la regurgitación aórtica, así como las mediciones de flujo sanguíneo y la fracción de regurgitación (15). Su aplicación es especialmente útil en aneurismas y disecciones aórticas. De hecho, estudios en estos campos correlacionan los datos observados en las pruebas de imagen mediante 4D Flow con el estado hemodinámico, la estratificación del riesgo y la planificación de intervenciones terapéuticas (16,17).

En conclusión, la secuencia de resonancia 4D Flow es una herramienta muy útil y no invasiva que mejora la valoración de la patología aórtica mediante la visualización anatómica y cuantificación de parámetros hemodinámicos en un volumen tridimensional (18).

Por tanto, al tratarse de una secuencia ya validada en el estudio de flujos, el objetivo principal del presente estudio es establecer el grado de concordancia diagnóstica en las medidas de aorta torácica mediante secuencia anatómica (3D) y 4D Flow en pacientes sometidos a la realización de ambas técnicas.

## HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

El objetivo principal de nuestro estudio fue establecer el grado de concordancia diagnóstica en la estimación de medida de aorta mediante secuencia anatómica (3D) y 4D Flow en pacientes mayores de edad desde 2018 hasta 2022 atendidos en el hospital Universitario Quirónsalud Madrid. Por lo tanto, la hipótesis de la presente investigación fue que la concordancia de las medidas de diámetro de aorta en su punto máximo entre

las secuencias anatómica y 4D Flow sería  $\geq 0.8$  (medido mediante coeficiente de correlación intraclass) (19)(20).

Los objetivos secundarios del trabajo fueron: describir las características demográficas de la muestra, detallar las características clínicas de la muestra, analizar la variabilidad inter-observador en el cálculo de la medida de aorta mediante cardiorresonancia magnética con secuencia 4D Flow y analizar la existencia de flujo turbulento en comparación con el diámetro medido (máximo de la aorta ascendente).

## METODOLOGÍA

### DISEÑO

Para cumplir con los objetivos mencionados anteriormente, se realizó un estudio observacional, descriptivo/analítico, retrospectivo y transversal.

### ÁMBITO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

Los pacientes a estudio fueron seleccionados del servicio de Radiología del Hospital Universitario Quirónsalud Madrid, los cuales poseían la realización de una cardiorresonancia magnética utilizando los dos métodos de diagnóstico que se querían analizar (anatómico y 4D Flow) por cualquier motivo, mayores de edad y de ambos sexos desde el año 2018 hasta el año 2022 inclusive.

Para la inclusión en el estudio se establecieron los siguientes criterios:

- Pacientes mayores de edad ( $\geq 18$  años).
- Pacientes de ambos sexos.
- Pacientes que se hayan sometido a las dos secuencias de medida (anatómica y 4D Flow) mediante cardiorresonancia magnética.

Por otro lado, se excluyeron del estudio aquellos pacientes que presentaban alguna de las siguientes condiciones:

- Claustrofobia.
- Presencia de marcapasos.

- Estudios de cardiopresonancia magnética de baja calidad diagnóstica, ya sea por problemas en el procesamiento de la imagen, contornos irregulares de las estructuras cardíacas o presencia de artefactos.

## CÁLCULO TAMAÑO MUESTRAL

El cálculo del tamaño muestral se realizó mediante la fórmula del coeficiente de correlación intraclass (ICC) con los siguientes datos: fiabilidad mínima aceptable ( $\rho_0$ ): 0.6, aceptando como mínimo un 0.6 ya que se considera buena fiabilidad el intervalo entre 0.6 y 0.8 (el rango entre 0 y 1 que son los valores posibles que puede tomar el ICC) (21); fiabilidad esperable ( $\rho_1$ ): 0.8; nivel de significación ( $\alpha$ ): 0.05 (índice de confianza: 95%); potencia ( $1 - \beta$ ): 80%; número de observadores (k): 2; número de pérdidas esperado: 5%. Con todos estos datos, el número mínimo de pacientes a incluir en el estudio fue de 52. El cálculo del tamaño muestral se llevó a cabo mediante la plataforma “sample size calculator” (22).

Finalmente se obtuvo una muestra de 60 pacientes que cumplían las características requeridas.

## VARIABLES

La variable principal que se registró fue el diámetro de aorta medido en milímetros en la secuencia anatómica 3D y en la secuencia 4D Flow.

Con respecto a las variables secundarias, se agruparon en sociodemográficas y clínicas. Dentro de las primeras se contemplaron la edad (años), el sexo (masculino/femenino), el peso (kilogramos), la altura (centímetros) y el índice de masa corporal (kilogramos/metro<sup>2</sup>). En las variables clínicas se consideró la patología cardíaca (sí/no), hábito tabáquico (sí/no), diabetes mellitus (sí/no), hipertensión arterial (sí/no) considerando elevada una tensión arterial igual o mayor de 140 mmHg la presión arterial sistólica e igual o mayor de 90 mmHg la presión arterial diastólica, presencia de dislipemia (sí/no) otorgando resultado positivo un colesterol total mayor o igual a 200 mg/dl, frecuencia cardíaca medida en latidos por minuto y morfología valvular (bicúspide/tricúspide). Queda recogida en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de variables.

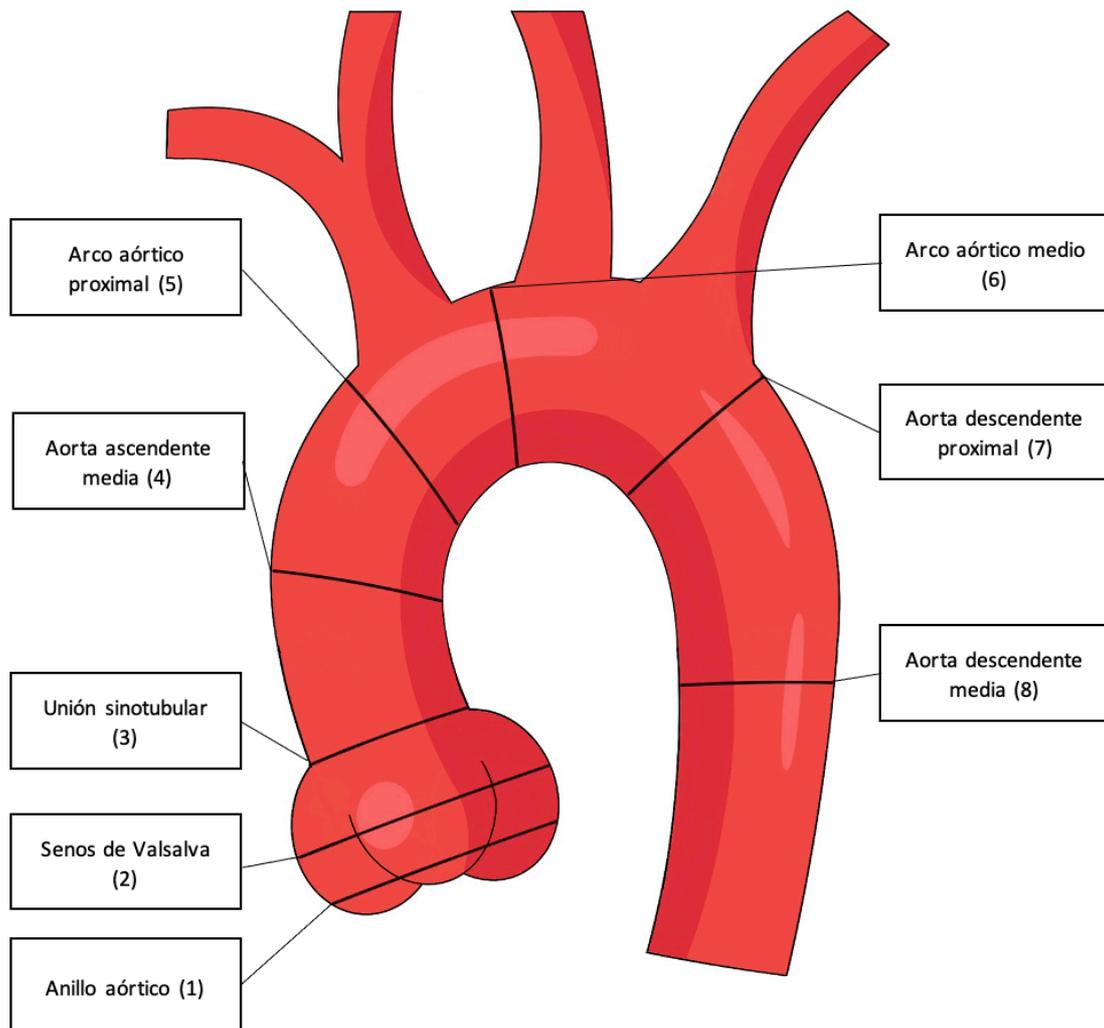
VARIABLE		CLASIFICACIÓN	UNIDADES/CATEGORÍAS	ACLARACIONES
<b>VARIABLES DE CARDIORRESONANCIA</b>				
Variable principal	Diámetro de Aorta	Cuantitativa continua	mm	Obtenido mediante medición en estudio de cardiorresonancia
<b>VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS</b>				
Edad		Cuantitativa discreta	Años	Recogido mediante datos de historia clínica.
Sexo		Cualitativa nominal dicotómica	Masculino / femenino	
Peso		Cuantitativa discreta	Kilogramos	
Altura		Cuantitativa discreta	Centímetros	
IMC		Cuantitativa discreta	Kilogramos / metro <sup>2</sup>	Calculado con datos de peso y altura reflejados en la historia clínica.
<b>VARIABLES CLÍNICAS</b>				
Patología cardiaca		Cualitativa dicotómica	SÍ / NO	Recogido mediante consulta de historia clínica.
Hábito tabáquico		Cualitativa dicotómica	SÍ / NO	
Diabetes mellitus		Cualitativa dicotómica	SÍ / NO	
Hipertensión arterial		Cualitativa dicotómica	SÍ / NO (SÍ: $\geq 140$ mmHg sistólica y/o $> 90$ mmHg diastólica / NO: $< 140$ mmHg sistólica y/o $< 90$ mmHg diastólica)	Recogido mediante consulta de estudio de imagen en el momento en que se realizó la prueba.
Dislipemia		Cualitativa dicotómica	SÍ / NO SÍ: colesterol total $\geq 200$ mg/dl / NO: $< 200$ mg/dl).	Recogido mediante consulta de historia clínica.
Frecuencia cardiaca		Cuantitativa continua	Latidos por minuto	Recogido mediante consulta de estudio de imagen en el momento en que se realizó la prueba.
Morfología valvular		Cualitativa dicotómica	Bicúspide / tricúspide	Recogido mediante consulta de historia clínica y estudio de imagen.

Aclaración: IMC: índice de masa corporal.

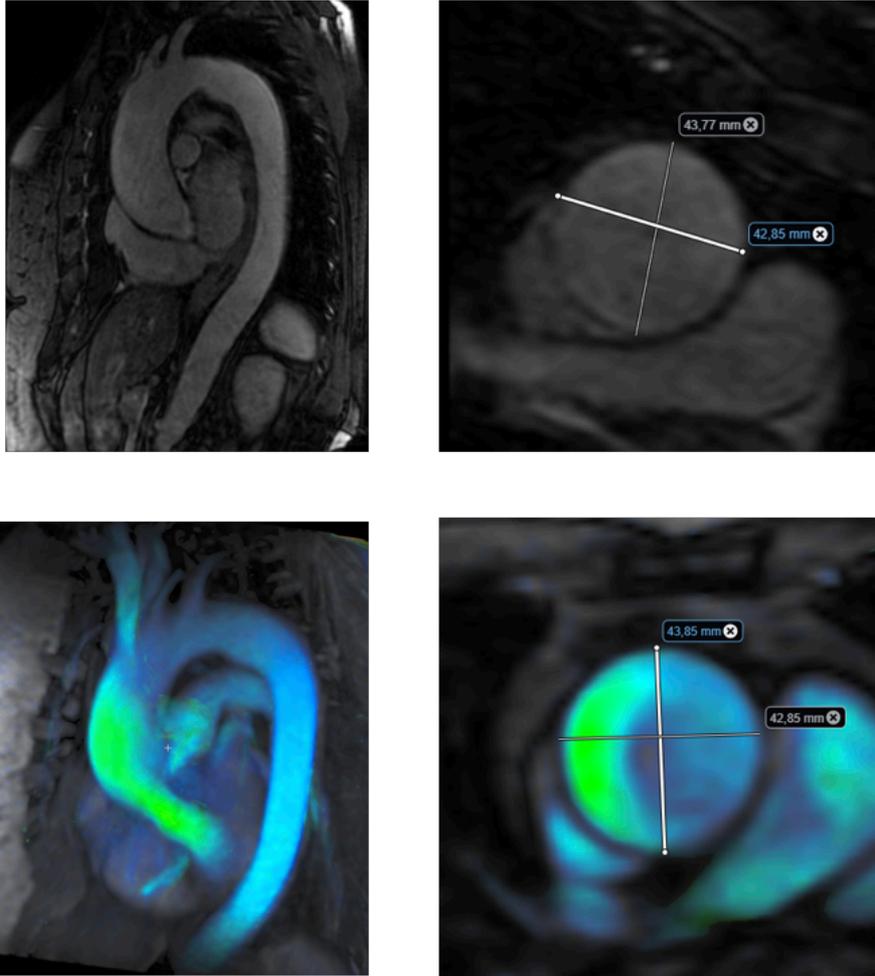
## RECOGIDA DE DATOS

El proceso de recogida de datos para la elaboración de la base de datos se realizó mediante el acceso a los estudios radiológicos realizados desde 2018 hasta 2022 que estaban almacenados en Arterys (software de análisis de cardiorrsonancia magnética). De éstos, se eligieron aquellos pacientes que tenían realizado el estudio con ambas técnicas (anatómica y 4D Flow). En estas imágenes se realizó la medida de los diámetros aórticos en ambas secuencias, así como la recogida de datos técnicos de la prueba necesarios para el análisis. Las medidas utilizadas quedan reflejadas en la ilustración 1, y un ejemplo de imagen de cardiorrsonancia en la ilustración 2.

*Ilustración 1. Medidas Anatómicas de Referencia.*



*Ilustración 2. Imagen Obtenida Mediante Cardiorresonancia Magnética de Aorta Torácica en Secuencia 3D y 4D Flow, Cortes Sagital y Transversal.*



*Aclaración: imágenes superiores corresponden a secuencia anatómica (3D) e imágenes inferiores a secuencia 4D Flow.*

Una vez obtenidos, se completaron los datos médicos mediante el acceso a la historia clínica de los pacientes seleccionados en la base de datos del Hospital Universitario Quirónsalud Madrid (Casiopea).

Para crear la base de datos se realizó una tabla con el programa Microsoft Excel con los nombres de los pacientes, especificando la edad y el sexo, y a cada uno se asignó un identificador. A partir de ésta, se crearon dos bases de datos: una seudonimizada, que es la se utilizó para el estudio, que carece de datos identificativos de los pacientes donde sólo se mostraba el identificador asignado al paciente, edad y sexo; y por otro lado la base de datos encriptada con el nombre del paciente y el identificador asignado que la custodió el tutor clínico. La base de datos seudonimizada fue empleada por el estudiante bajo supervisión del tutor en todo momento.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software Jamovi, versión 2.3.28.0 (23).

Todos los parámetros descriptivos se expresaron como media y desviación estándar o mediana y rango intercuartílico (RIC) atendiendo a la normalidad de estos, utilizando así la media y desviación estándar cuando mediante la fórmula de Shapiro-Wilk los datos presentan una distribución normal y mediana y rango intercuartílico cuando no se cumple esta condición.

Para evaluar la reproducibilidad de los datos, se usó el coeficiente de correlación intraclass (ICC) que se clasificó como: deficiente ( $< 0.50$ ), moderado ( $0.50 - 0.69$ ), bueno ( $0.70 - 0.84$ ), muy bueno ( $0.85 - 0.94$ ) y excelente ( $\geq 0.95$ ) (21). Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0.05$ .

Para relacionar los datos clínicos y sociodemográficos de la muestra con las medidas del diámetro aórtico se utilizó T de Student cuando los datos presentaban una distribución normal o U de Mann-Whitney cuando no seguían esta norma.

Se describió la existencia de flujo turbulento con los datos obtenidos del diámetro aórtico en el punto de medida de Aorta media proximal.

## ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES

El presente estudio ha sido aprobado por el comité de ética con código TFG055-24\_HUQM cuya resolución positiva queda recogida en el anexo I.

Al tratarse de un estudio retrospectivo, se obtuvo exención por parte del Comité de Ética de solicitar consentimiento informado.

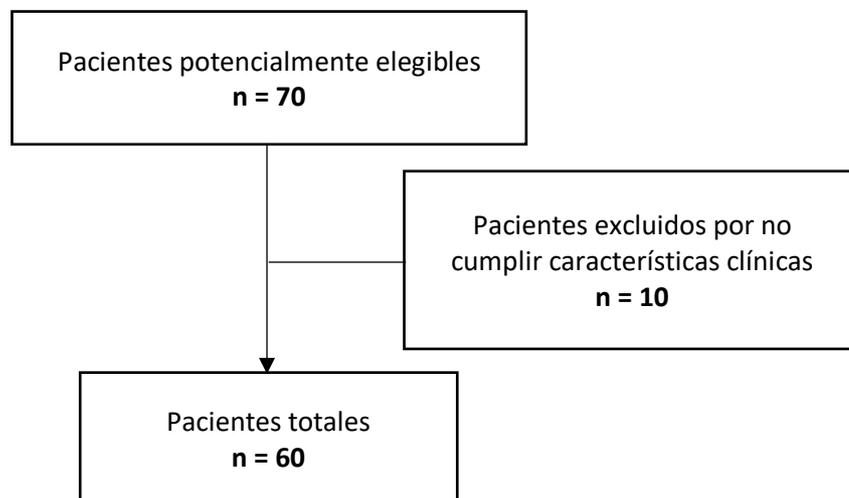
El trabajo se ha realizado respetando las normativas en materia de bioética según la declaración de Helsinki, el informe de Belmont, el convenio de Oviedo sobre los derechos humanos y la biomedicina y la ley 14/2007, de 3 de julio, de investigación biomédica.

El manejo de los datos personales de los pacientes se ha realizado siguiendo lo establecido Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, la Ley 41/2002 de Autonomía del Paciente en lo referente a usos de la historia clínica y Ley 14/2007 de Investigación Biomédica de 14 de noviembre básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

## RESULTADOS

Se revisaron un total de 70 estudios de imagen de cardiorresonancia magnética e historias clínicas de pacientes con las pruebas realizadas (anatómica y 4D Flow) por el servicio de Radiología del Hospital Universitario Quirónsalud Madrid entre los años 2018 y 2022. Un total de 10 pacientes fueron excluidos del estudio por no cumplir características clínicas, por lo que finalmente el estudio tuvo una muestra de 60 pacientes (figura 1).

Figura 1. Diagrama de Población.



La muestra del estudio estuvo compuesta mayoritariamente por hombres (78.3%), con una edad media de 58 años. Los participantes presentaron un peso mediano de 80 kg y una altura media de 174 cm. El índice de masa corporal (IMC) promedio se situó en rangos de sobrepeso tanto en hombres como en mujeres, siendo más elevado en

varones. De acuerdo con las categorías de la OMS, la mayoría de los sujetos presentaban sobrepeso (64.9%), seguido de normopeso (18.9%) y obesidad (13.5%), mientras que solo un 2.7% tenían bajo peso, exclusivamente mujeres. La frecuencia cardiaca registrada en el momento de las pruebas mostró una mediana de 65.5 lpm, dentro de los valores fisiológicos normales. Datos recogidos en la tabla 2.

Tabla 2. Características clínicas de la muestra (n = 60).

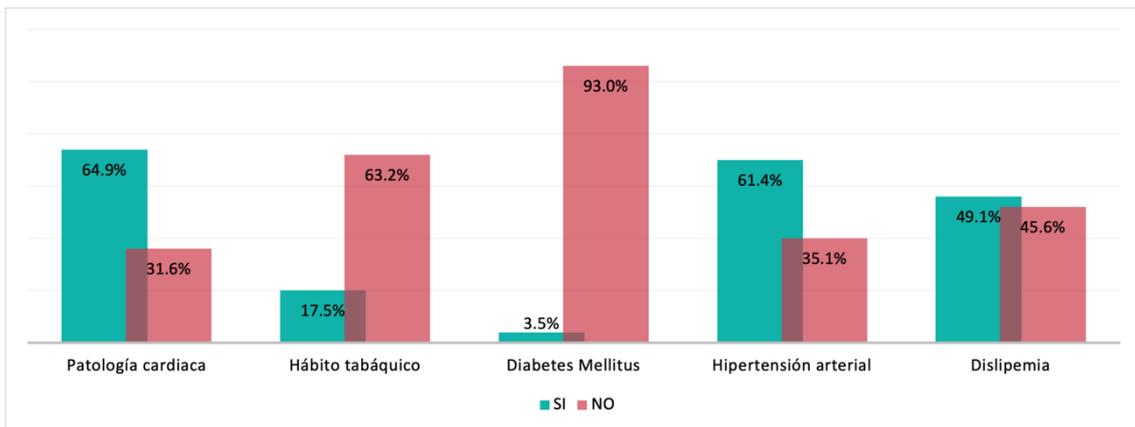
<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor estadístico</b>
<b>Datos demográficos</b>	Sexo masculino	47 (78.3%)
	Sexo femenino	13 (21.7%)
	Edad (años)	Media: 58 +- 13.4 (rango: 26 – 84)
<b>Antropometría</b>	Peso (kg)	Mediana: 80 (RIC: 73.8 – 90.3)
	Altura (cm)	Media: 174 +- 8.35
	IMC hombres (kg/m <sup>2</sup> )	Mediana: 27.4 (RIC: 23.75 – 30.25)
	IMC mujeres (kg/m <sup>2</sup> )	Media: 25.5 +- 3.91
<b>Clasificación IMC (según OMS)</b>	Bajo peso	2.7% (100% mujeres)
	Normopeso	18.9%
	Sobrepeso	64.9% (83.36% hombres)
	Obesidad	13.5%
<b>Datos hemodinámicos</b>	Frecuencia cardiaca (lpm)	Mediana: 65.5 (RIC: 58.3 – 74)

Aclaración: RIC: rango intercuartílico; IMC: índice de masa corporal; lpm: latidos por minuto.

Centrándonos en los datos clínicos de la muestra recogidos en el gráfico 1, el 64.9% presentaba algún tipo de patología cardiaca documentada en la historia clínica, el 31.6% no lo presentaba y en el 3.5% restante no figuraba ninguna información al respecto. El 21.7% de participantes presentaban hábito tabáquico actual. El 3.6% de ellos padecía diabetes mellitus, y casi la mitad de la muestra, un 51.9% sufría dislipemia según los parámetros descritos anteriormente.

Un 63.6% de la muestra presentaba diagnóstico de hipertensión arterial ( $\geq 140/90$  mmHg) recogido en la historia clínica en el momento de la realización de la prueba de imagen. La morfología de la válvula aórtica de los participantes era tricúspide en el 56.5% de los casos y bicúspide en el 41.3% restante.

Gráfico 1. Variables Clínicas de la Muestra.



Los resultados del análisis del diámetro de aorta intraobservador (observador 1) mostraron una concordancia muy buena entre ambas pruebas en todos los puntos de medida ( $ICC > 0.86$ ), como queda reflejado en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del Análisis Intraobservador.

Sequencia anatómica	4D Flow	ICC	IC 95%
Diámetro (1)	Diámetro (1)	0.924	0.876 – 0.954
Diámetro (2)	Diámetro (2)	0.919	0.869 – 0.950
Diámetro (3)	Diámetro (3)	0.961	0.936 – 0.976
Diámetro (4)	Diámetro (4)	0.878	0.804 – 0.925
Diámetro (5)	Diámetro (5)	0.867	0.788 – 0.918
Diámetro (6)	Diámetro (6)	0.866	0.791 – 0.916
Diámetro (7)	Diámetro (7)	0.907	0.852 – 0.942
Diámetro (8)	Diámetro (8)	0.913	0.859 – 0.947

Aclaración: ICC: coeficiente de correlación intraclass; IC 95%: intervalo de confianza al 95%.

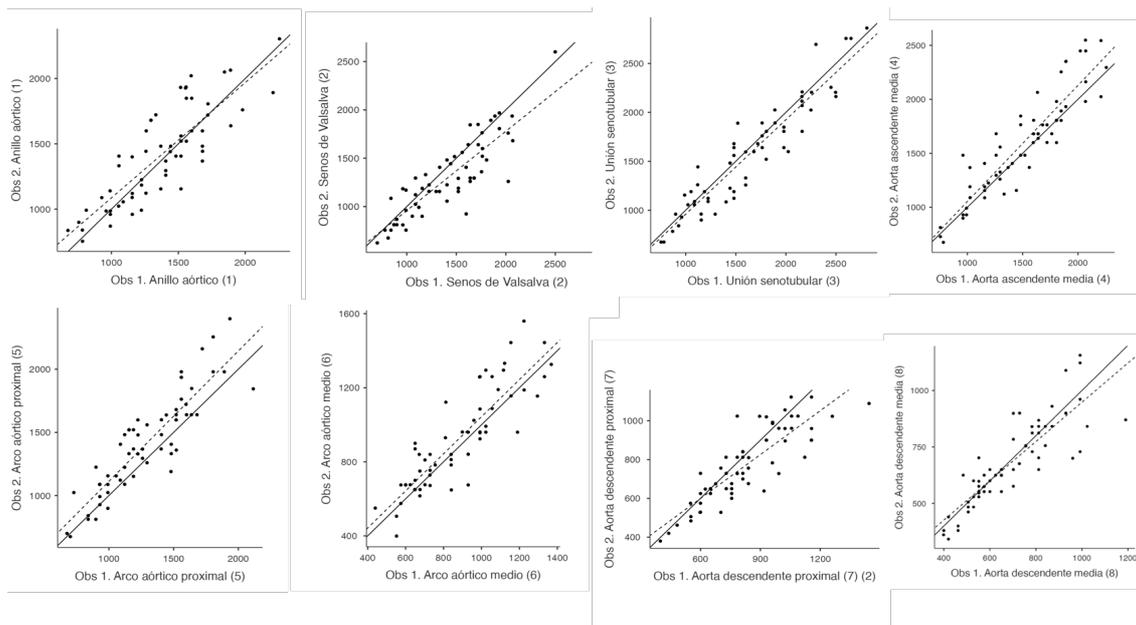
En cuanto al análisis interobservador (observador 1 y observador 2), se observó una concordancia muy buena en la unión sinotubular (ICC = 0.930), la aorta ascendente media (ICC = 0.875) y aorta descendente media (ICC = 0.855) y una concordancia buena que osciló entre 0.811 y 0.845 en todas las demás medidas, como queda reflejado en la tabla 4 y gráfico 2.

Tabla 4. Resultados del Análisis Interobservador.

 1	 2		
4D Flow	4D Flow	ICC	IC 95%
Diámetro (1)	Diámetro (1)	0.827	0.728 – 0.892
Diámetro (2)	Diámetro (2)	0.844	0.758 – 0.902
Diámetro (3)	Diámetro (3)	0.930	0.887 – 0.958
Diámetro (4)	Diámetro (4)	0.875	0.807 – 0.920
Diámetro (5)	Diámetro (5)	0.829	0.741 – 0.889
Diámetro (6)	Diámetro (6)	0.845	0.760 – 0.902
Diámetro (7)	Diámetro (7)	0.811	0.710 – 0.879
Diámetro (8)	Diámetro (8)	0.855	0.770 – 0.911

Aclaración: ICC: coeficiente de correlación intraclass; IC 95%: intervalo de confianza al 95%.

Gráfico 2. Concordancia de Medidas en Secuencia 4D Flow Interobservador (Gráficos de Bland-Altman).



Los diámetros máximos obtenidos en aorta ascendente proximal, media y distal en secuencia 3D fueron de 52 x 55 mm, 48 x 49 mm y 44 x 45 mm respectivamente. Mediante la medición en secuencia 4D Flow tomadas por el observador 1 se obtuvieron las siguientes medidas máximas: 52 x 54 mm, 47 x 48 mm y 46 x 46 mm. Por otro lado, el observador 2 obtuvo medidas máximas de 53 x 54 mm, 49 x 52 mm y 48 x 50 mm. La variación de las medidas interobservador no sobrepasaron los 5 mm que se consideran como dentro del rango de normalidad, observándose mayores diferencias en aquellos estudios de imagen con una menor resolución (n = 9) desde en un punto de medida hasta un máximo de tres puntos de medida con variación mayor de 3 mm.

Estratificando por sexo, los resultados del análisis de la secuencia 3D sugieren que existe una diferencia significativa y grande entre los grupos, observando mayor diámetro en hombres en la medida del anillo aórtico ( $p < 0.01$ ; tamaño del efecto: 1.18; IC 95%: 0.51 – 1.83), una diferencia significativa moderada para el diámetro de la aorta descendente proximal ( $p < 0.048$ ; tamaño del efecto: 0.632; IC 95%: 0.001 – 1.26) y no se encuentran diferencias estadísticamente significativas suficientes para el resto de los diámetros entre ambos sexos.

En el análisis de los diámetros aórticos medidos mediante ambas secuencias (3D y 4D Flow), se realizó una prueba T de Student dado la normalidad de los datos con el objetivo de evaluar diferencias significativas respecto a la variable hipertensión arterial. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en los diámetros de aorta ascendente media (3D:  $p = 0.004$ ,  $t = -3.012$ ; 4D:  $p = 0.026$ ,  $t = -2.2860$ ), arco aórtico proximal (3D:  $p = 0.023$ ,  $t = -2.338$ ; 4D:  $p = 0.037$ ,  $t = -2.1451$ ) y arco aórtico medio (3D:  $p = 0.003$ ,  $t = -3.155$ ; 4D:  $p = 0.034$ ,  $t = -2.1713$ ) obteniendo mayores diámetros en pacientes hipertensos. También se encontraron diferencias atendiendo a la característica de morfología valvular, obteniendo diferencias significativas aplicando la prueba T de Student debido a la normalidad de los datos en los diámetros de arco aórtico medio (3D:  $p = 0.041$ ,  $t = -2.108$ ; 4D:  $p = 0.027$ ,  $t = -2.283$ ), y aorta descendente media (3D:  $p = 0.028$ ,  $t = -2.269$ ; 4D:  $p = 0.012$ ,  $t = -2.609$ ) a favor de sujetos con válvula aórtica bicúspide. Estas diferencias en la morfología valvular también se encontraron en

la medida de aorta descendente proximal que mostró una distribución no normal (3D:  $p = 0.014$ ,  $U = 146$ ; 4D:  $p = 0.008$ ,  $U = 138$ ).

Atendiendo al análisis de la existencia de flujo turbulento, se utilizó la medida del diámetro de aorta media ascendente categorizando la variable en normal ( $\leq 38$  mm) y dilatada ( $> 38$  mm) tanto en la secuencia 3D como en la 4D, resultando que el 58.3% ( $n = 35$ ) de la muestra mostró este crecimiento en ambas secuencias. Basándonos en el número de Reynolds que describe una relación directamente proporcional entre el diámetro del vaso y la probabilidad de flujo turbulento, más de la mitad de los sujetos que participaron en el estudio poseían esta anomalía de flujo.

## DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio fue establecer el grado de concordancia en la estimación de medida de aorta mediante secuencia anatómica (3D) y 4D Flow en pacientes mayores de edad desde 2018 hasta 2022 atendidos en el hospital Universitario Quirónsalud Madrid. Los resultados obtenidos muestran que existe una buena concordancia tanto intra como interobservador en las mediciones realizadas con ambas secuencias, lo que indica una precisión comparable y potencial permutabilidad entre estos métodos de imagen en el contexto de nuestro estudio.

La hipótesis inicial de nuestra investigación planteaba que el coeficiente de correlación intraclase sería igual o superior a 0.80, indicando una alta fiabilidad en las mediciones. Los resultados obtenidos superaron esta expectativa en el caso del análisis interobservador reflejando una excelente consistencia dentro de las mediciones realizadas por un mismo observador. Este hallazgo del análisis intraobservador concuerda con algunos estudios previos que destacaron la variabilidad en las mediciones según el método utilizado. En un estudio realizado por Juffermans et al, se evaluó la reproductibilidad para la medición del diámetro máximo de aorta con coeficiente de correlación intraclase entre 0.94 y 0.99 (20) y parámetros dinámicos con resultados de entre 0.84 y 0.94 (24).

Por otra parte, el coeficiente de correlación intraclase interobservador osciló entre 0.81 y 0.93, lo que evidencia una buena a muy buena concordancia entre los distintos observadores, cumpliendo en gran medida con el criterio establecido y respaldando la robustez de las mediciones realizadas. Una baja concordancia ha sido documentada en estudios más antiguos como el llevado a cabo por van Ooij et al (25) que dedujo una variabilidad moderada a buena en la medición del diámetro aórtico extrapolada desde medición de la velocidad de flujo y estrés de cizallamiento de la pared. Esta alta concordancia sin embargo no se mantiene en algunas investigaciones que centran su objetivo en la evaluación de parámetros dinámicos como el dirigido por Hautanen et al (26) el cual obtiene ICC que oscilan desde 0.07 en la raíz aórtica hasta 1 en otros puntos de la arteria.

En nuestro estudio, los hombres hipertensos y con morfología valvular aórtica bicúspide tienen más diámetro de aorta ascendente. Esto concuerda con un estudio realizado por Rodríguez-Palomares et al (27), que analiza los mecanismos de dilatación aórtica en pacientes con válvula aórtica bicúspide, destacando que la combinación de factores genéticos y alteraciones en las dinámicas de flujo contribuyen a la dilatación de la aorta ascendente y concluyendo que la hipertensión exacerba estas alteraciones hemodinámicas aumentando el riesgo de progresión. Por otra parte, López et al (28) identificaron la hipertensión como un predictor significativo de dilatación rápida de la aorta ascendente en pacientes con válvula bicúspide con una tasa de crecimiento anual de  $0.43 \pm 0.32$  mm al año, siendo este el único factor asociado exclusivamente con dicha progresión acelerada. Asimismo, Roman et al (29) evaluaron la relación entre el perfil hemodinámico y la morfología valvular observando que la estenosis aórtica de carácter moderado a severo se asocia con un mayor diámetro de la aorta ascendente en comparación con una función valvular normal. No se han identificado estudios que contradigan directamente los hallazgos encontrados en nuestros análisis en este sentido.

Existen estudios que aplican la técnica 4D Flow para valorar parámetros dinámicos obteniendo valores de ICC superiores a 0.84 (30,31) referidos al estrés de pared vascular

y velocidad de flujo sanguíneo. En nuestra investigación, la mayoría de los sujetos presentó un tamaño superior al establecido a partir del cual se debe evaluar la dinámica del flujo que pasa a través de las estructuras vasculares. Autores como Callaghan et al han estudiado esta asociación concluyendo que es un cambio relacionado con la edad del sujeto y el envejecimiento (32).

Dentro de las limitaciones, se encontraron estudios de cardiorresonancia magnética con pobre resolución de imagen que dificultó su análisis, por ello se excluyeron de la investigación. Al ser un estudio retrospectivo donde los datos clínicos se encuentran en la historia clínica de los pacientes, algunos datos no estaban reflejados en la misma. Destacar también la homogeneidad de la población, lo cual podría limitar la extrapolación de nuestros hallazgos a muestras más diversas. Se ha podido cometer un posible sesgo en la medida del diámetro de aorta puesto que uno de los observadores tiene experiencia limitada en esta práctica.

El principal aporte de este estudio radica en la mejora de la precisión y fiabilidad en el diagnóstico y seguimiento de patologías aórticas.

La técnica 4D Flow permite una medición del diámetro aórtico más precisa al considerar el flujo en múltiples planos y movimiento, cosa que puede ser más exacta que las mediciones estáticas de secuencias anatómicas tradicionalmente usadas en la práctica diaria como es la secuencia en 3D.

La concordancia entre los dos métodos y entre observadores sugiere consistencia y reproducibilidad de los datos anatómicos, lo que ha sido un reto durante estos años.

Dado que este trabajo está relacionado con la mejora de técnicas diagnósticas en la práctica clínica diaria, se puede encasillar en el ODS 3: Salud y bienestar (33), específicamente las metas:

- 3.4: "Reducir en un tercio, para 2030, la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante la prevención y el tratamiento, y promover la salud mental y el bienestar". Las enfermedades cardiovasculares, como las relacionadas con la aorta, son una de las principales causas de mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles.

- 3.8 del ODS 3: "Lograr la cobertura sanitaria universal, incluida la protección contra los riesgos financieros, el acceso a servicios de atención de salud esenciales de calidad y el acceso a medicamentos y vacunas esenciales seguros, eficaces, asequibles y de calidad para todos". Esto se debe a que mejorar la precisión diagnóstica puede contribuir a un mejor acceso a diagnósticos de calidad, especialmente si las técnicas que estudiadas (como 4D Flow) pueden volverse más accesibles o eficientes en el futuro.

Para futuras investigaciones, sería beneficioso evaluar esta concordancia con muestras más numerosas y pacientes que sufran diferentes patologías cardíacas que modifiquen la estructura vascular en las que la correlación entre las medidas anatómicas y parámetros dinámicos sean un pilar fundamental la evolución clínica y la toma de decisiones terapéuticas. Así como la estandarización de procedimientos para hacer más comparables y reproducibles los parámetros de flujo 4D (19), desarrollo y optimización de secuencias de flujo 4D especialmente en términos de reducción de artefactos de movimiento y mejora de la calidad de la imagen (34) y realizar estudios clínicos a largo plazo para correlacionar los parámetros obtenidos mediante flujo 4D con los resultados clínicos en pacientes con enfermedades aórticas, lo que permitirá determinar la utilidad clínica de la secuencia de flujo 4D en la práctica diaria (35).

En conclusión, la alta concordancia entre las mediciones con secuencia anatómica y 4D Flow del diámetro aórtico que hemos documentado no solo valida ambos métodos como herramientas diagnósticas robustas, sino que también abre la puerta a mejoras en los protocolos de imagen y su inclusión en el manejo de enfermedades aórticas.

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo evidencian una elevada fiabilidad en las mediciones aórticas tanto intraobservador como interobservador, con valores de concordancia superiores a 0.86 en todos los puntos de medida, lo que respalda la consistencia del método empleado mediante cardiioresonancia magnética con secuencias 3D y 4D Flow. Las diferencias entre ambas técnicas fueron mínimas y clínicamente no relevantes, manteniéndose dentro del margen aceptado de variabilidad (< 5 mm), lo que permite

considerar ambas secuencias como herramientas equivalentes en la evaluación del calibre aórtico.

Se observó que los hombres hipertensos con morfología valvular aórtica bicúspide presentan mayor diámetro de aorta, especialmente en el anillo aórtico y la aorta descendente proximal, lo que subraya la necesidad de considerar el sexo como un factor relevante en la interpretación de las medidas. Finalmente, más del 50% de la muestra presentó un diámetro de aorta media ascendente superior a 38 mm, asociado con flujo turbulento según el número de Reynolds, lo que sugiere un hallazgo clínicamente relevante en términos de riesgo cardiovascular y apoya la utilidad de esta medida como indicador hemodinámico indirecto.

En el futuro convendrá estudiar otros parámetros hemodinámicos mediante la secuencia de resonancia magnética 4D Flow para estudiar factores como flujo turbulento o estrés de cizallamiento de la pared vascular.

## BIBLIOGRAFÍA

1. David TE. Additional anatomic information on the aortic root. *J Thorac Cardiovasc Surg.* febrero de 2015;149(2):408-10.
2. Kouchoukos NT, Dougenis D. Surgery of the Thoracic Aorta. *New England Journal of Medicine.* 26 de junio de 1997;336(26):1876-89.
3. Carrero MC, Constantin I, Bengier J, Asch FM, Cintora F, Makhoul S, et al. Valores normales de aorta torácica por ecocardiografía. Registro MATEAR (Medición de Aorta Torácica por Ecocardiografía en Argentina). *Rev Argent Cardiol.* 1 de febrero de 2020;88(1):14-25.
4. Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 13 de diciembre de 2022;146(24).
5. Jiménez-Trujillo I, González-Pascual M, Jiménez-García R, Hernández-Barrera V, de Miguel-Yanes JM, Méndez-Bailón M, et al. Type 2 Diabetes Mellitus and Thoracic Aortic Aneurysm and Dissection. *Medicine.* mayo de 2016;95(18):e3618.
6. Czerny M, Grabenwöger M, Berger T, Aboyans V, Della Corte A, Chen EP, et al. EACTS/STS Guidelines for Diagnosing and Treating Acute and Chronic Syndromes of the Aortic Organ. *Ann Thorac Surg.* julio de 2024;118(1):5-115.
7. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S, Arai A, Asch FM, Badano LP, et al. Multimodality Imaging of Diseases of the Thoracic Aorta in Adults: From the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography.* febrero de 2015;28(2):119-82.
8. van Hout MJ, Scholte AJ, Juffermans JF, Westenberg JJ, Zhong L, Zhou X, et al. How to Measure the Aorta Using MRI: A Practical Guide. Vol. 52, *Journal of Magnetic Resonance Imaging.* John Wiley and Sons Inc; 2020. p. 971-7.
9. Pons Lladó G, Carreras Costa F, Castro Beiras A, Ferreirós Domínguez J, Iñiguez Romo A, Jesús Jiménez Borreguero L, et al. ().

10. Valente AM, Cook S, Festa P, Ko HH, Krishnamurthy R, Taylor AM, et al. Multimodality Imaging Guidelines for Patients with Repaired Tetralogy of Fallot: A Report from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. febrero de 2014;27(2):111-41.
11. Catapano F, Pambianchi G, Cundari G, Rebelo J, Cilia F, Carbone I, et al. 4D flow imaging of the thoracic aorta: is there an added clinical value? Vol. 10, *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. AME Publishing Company; 2020. p. 1068-89.
12. Markl M, Frydrychowicz A, Kozerke S, Hope M, Wieben O. 4D flow MRI. *J Magn Reson Imaging*. noviembre de 2012;36(5):1015-36.
13. Richards CE, Parker AE, Alfuhied A, McCann GP, Singh A. The role of 4-dimensional flow in the assessment of bicuspid aortic valve and its valvulo-aortopathies. *Br J Radiol*. 1 de octubre de 2022;95(1139):20220123.
14. Aalbrecht E, Indrakusuma R, Jalalzadeh H, Planken RN, van Schuppen J, Meijboom L, et al. Four-Dimensional Flow MRI-Derived Hemodynamics in Abdominal Aortic Aneurysms: Reproducibility and Associations With Diameter, Intraluminal Thrombus Volume, and Vorticity. *J Magn Reson Imaging*. septiembre de 2024;60(3):878-88.
15. Alvarez A, Martinez V, Pizarro G, Recio M, Cabrera JÁ. Clinical use of 4D flow MRI for quantification of aortic regurgitation. *Open Heart* [Internet]. 13 de febrero de 2020 [citado 2 de mayo de 2021];7(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32153789/>
16. Jarvis K, Pruijssen JT, Son AY, Allen BD, Soulat G, Vali A, et al. Parametric Hemodynamic 4D Flow MRI Maps for the Characterization of Chronic Thoracic Descending Aortic Dissection. *J Magn Reson Imaging*. mayo de 2020;51(5):1357-68.
17. Clough RE, Waltham M, Giese D, Taylor PR, Schaeffter T. A new imaging method for assessment of aortic dissection using four-dimensional phase contrast magnetic resonance imaging. *J Vasc Surg*. abril de 2012;55(4):914-23.
18. Authors/Task Force Members, Czerny M, Grabenwöger M, Berger T, Aboyans V, Della Corte A, et al. EACTS/STS Guidelines for Diagnosing and Treating Acute and

- Chronic Syndromes of the Aortic Organ. *Ann Thorac Surg.* julio de 2024;118(1):5-115.
19. Punzo B, Ranieri B, Tramontano L, Affinito O, Franzese M, Bossone E, et al. 4D-Flow Cardiovascular Magnetic Resonance Sequence for Aortic Assessment: Multi-Vendor and Multi-Magnetic Field Reproducibility in Healthy Volunteers. *J Clin Med.* 19 de abril de 2023;12(8):2960.
  20. Juffermans JF, Westenberg JJM, van den Boogaard PJ, Roest AAW, van Assen HC, van der Palen RLF, et al. Reproducibility of Aorta Segmentation on 4D Flow MRI in Healthy Volunteers. *J Magn Reson Imaging.* abril de 2021;53(4):1268-79.
  21. Liljequist D, Elfving B, Skavberg Roaldsen K. Intraclass correlation - A discussion and demonstration of basic features. *PLoS One.* 2019;14(7):e0219854.
  22. Sample size calculator.
  23. Jamovi. 2024.
  24. Juffermans JF, van Assen HC, Te Kiefte BJC, Ramaekers MJFG, van der Palen RLF, van den Boogaard P, et al. 4D Flow MRI in Ascending Aortic Aneurysms: Reproducibility of Hemodynamic Parameters. *Applied Sciences (Switzerland).* 1 de abril de 2022;12(8).
  25. van Ooij P, Powell AL, Potters W V., Carr JC, Markl M, Barker and AJ. Reproducibility and interobserver variability of systolic blood flow velocity and 3D wall shear stress derived from 4D flow MRI in the healthy aorta. *Journal of Magnetic Resonance Imaging.* enero de 2016;43(1):236-48.
  26. HAUTANEN S, KILJANDER T, KORPELA T, SAARI P, KOKKONEN J, MUSTONEN P, et al. 4D Flow *Versus* 2D Phase Contrast MRI in Populations With Bi- and Tricuspid Aortic Valves. *In Vivo (Brooklyn).* 2 de enero de 2023;37(1):88-98.
  27. Rodríguez-Palomares JF, Dux-Santoy L, Guala A, Galian-Gay L, Evangelista A. Mechanisms of Aortic Dilation in Patients With Bicuspid Aortic Valve. *J Am Coll Cardiol.* agosto de 2023;82(5):448-64.
  28. Lopez A, Dentamaro I, Galian L, Calvo F, Alegret JM, Sanchez V, et al. Predictors of Ascending Aorta Enlargement and Valvular Dysfunction Progression in Patients with Bicuspid Aortic Valve. *J Clin Med.* 12 de noviembre de 2021;10(22):5264.
  29. Roman MJ, Pugh NL, Devereux RB, Eagle KA, Holmes K, LeMaire SA, et al. Aortic Dilatation Associated With Bicuspid Aortic Valve: Relation to Sex, Hemodynamics,

- and Valve Morphology (the National Heart Lung and Blood Institute-Sponsored National Registry of Genetically Triggered Thoracic Aortic Aneurysms and Cardiovascular Conditions). *Am J Cardiol.* octubre de 2017;120(7):1171-5.
30. Demir A, Wiesemann S, Erley J, Schmitter S, Trauzeddel RF, Pieske B, et al. Traveling Volunteers: A Multi-Vendor, Multi-Center Study on Reproducibility and Comparability of 4D Flow Derived Aortic Hemodynamics in Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Magn Reson Imaging.* enero de 2022;55(1):211-22.
  31. van Ooij P, Powell AL, Potters W V, Carr JC, Markl M, Barker AJ. Reproducibility and interobserver variability of systolic blood flow velocity and 3D wall shear stress derived from 4D flow MRI in the healthy aorta. *J Magn Reson Imaging.* enero de 2016;43(1):236-48.
  32. Callaghan FM, Bannon P, Barin E, Celemajer D, Jeremy R, Figtree G, et al. Age-related changes of shape and flow dynamics in healthy adult aortas: A 4D flow MRI study. *Journal of Magnetic Resonance Imaging.* 13 de enero de 2019;49(1):90-100.
  33. Organización Mundial de la Salud. *Objetivos de Desarrollo Sostenible.*
  34. Ebel S, Dufke J, Köhler B, Preim B, Rosemeier S, Jung B, et al. Comparison of two accelerated 4D-flow sequences for aortic flow quantification. *Sci Rep.* 14 de junio de 2019;9(1):8643.
  35. Desai L, Stefek H, Berhane H, Robinson J, Rigsby C, Markl M. Four-Dimensional flow Magnetic Resonance Imaging for Assessment of Pediatric Coarctation of the Aorta. *Journal of Magnetic Resonance Imaging.* 26 de enero de 2022;55(1):200-8.

## ANEXOS

### ANEXO I. RESOLUCIÓN POSITIVA DEL COMITÉ DE ÉTICA



TFG055-24\_HUQM

#### **INFORME DEL COMITÉ DE ETICA DE LA INVESTIGACION**

**Título del proyecto:** "Concordancia entre la secuencia anatómica y 4d Flow para la estimación de medición de diámetro aórtico por cardi resonancia magnética".

**Documentos con versiones:**

PROTOCOLO Versión 2.0, 19 de Diciembre de 2023

**Investigador Principal:** ANA ALVAREZ VAZQUEZ

**Servicio:** Radiología

**Centro:** Hospital Universitario Quirónsalud Madrid

**Estudiante:**

- ANA ALONSO TEJEDERAS. Universidad Europea de Madrid.

Este Trabajo de Fin de Grado ha sido evaluado, por procedimiento abreviado, por el Comité de Etica de la Investigación de la Fundación Jiménez Díaz, y se considera que reúne las normas éticas estándar para la realización de este tipo de estudios.

Lo que firma en Madrid a 14/10/2024

Dr. Javier Bécares Martínez  
Presidente CEImFJD

**Nota:** La obtención de la información clínica necesaria para llevar a cabo el TFG se llevará a cabo de acuerdo al procedimiento establecido en cada centro y departamento de Docencia, siempre de acuerdo a la normativa aplicable en materia de protección de datos.