



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "IGNACIO CHAVEZ"

TITULO:

**VALORES NORMALES SEGMENTARIOS Y GLOBALES DE LOS MAPEOS
CARDIACOS T1 Y T2**

TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN CARDIOLOGIA

P R E S E N T A:

DRA. YURIDIANA AGUILERA GUTIÉRREZ

AUTORIZACIONES

DIRECTOR DE ENSEÑANZA:

DR. CARLOS RAFAEL SIERRA FERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. GABRIELA MELÉNDEZ RAMÍREZ

CIUDAD DE MÉXICO, 31 JULIO 2019



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "IGNACIO CHÁVEZ"



TESIS DE TITULACIÓN DE CARDIOLOGÍA CLÍNICA
VALORES NORMALES SEGMENTARIOS Y GLOBALES DE LOS MAPEOS
CARDIACOS T1 Y T2

Dr. Carlos Rafael Sierra Fernández

Director de Enseñanza

Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez"

Dra. Gabriela Meléndez Ramírez

Director de Tesis

Adscrito al servicio de Resonancia Magnética
Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez"

Dra. Yuridiana Aguilera Gutiérrez

Tesista

Residente de tercer año de Cardiología Clínica
Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez"



INDICE

- I. Introducción
- II. Marco teórico
- III. Planteamiento del problema
- IV. Justificación
- V. Objetivos
- VI. Material y métodos
 - VI.I Diseño del estudio
 - VI.II Población
 - VI.IV Métodos para la captura de datos.
 - VI.V Procedimientos
- VII. Variables
- VIII. Análisis estadístico
- IX. Resultados
- X. Discusión
- XI. Conclusiones
- XII. Referencias

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación tisular del miocardio ha sido un tema de interés en los últimos años, desarrollándose múltiples técnicas para su evaluación, una de ellas son los mapeos cardiacos por resonancia magnética, los cuales evalúan el espacio intracelular y extracelular de manera no invasiva, permitiendo detectar ligeros cambios en su composición.

En los últimos años se han realizado múltiples estudios de la aplicación de estas técnicas en diversas enfermedades, sobre todo aquellas que afectan el espacio intersticial. El mapeo T1 permite detectar fibrosis miocárdica difusa que es una etapa que precede a la fibrosis, siendo de gran importancia ya que en muchas ocasiones puede llegar a ser reversible. Así mismo, se ha visto su aplicación en otras enfermedades que no sólo afectan el intersticio si no a la célula cardiaca como tal. Por su parte el mapeo T2 permite detectar la presencia de edema en los tejidos, siendo útil para la evaluación de enfermedades en sus diferentes fases, como síndromes coronarios agudos, miocarditis, miocardiopatías etc.

Por lo anterior la evaluación tisular miocárdica con técnicas de mapeo T1 y T2 resulta ser de gran utilidad en la práctica clínica diaria, ya que es una técnica no invasiva que permite el diagnóstico enfermedades, logrando detectar alteraciones miocárdicas de forma muy temprana, cuando no es posible su detección por otros métodos, se puede utilizar de guía para la realización de procedimientos invasivos como biopsias, además se puede realizar evaluación de respuesta al tratamientos con aplicación pronóstica.

El consenso de recomendaciones clínicas sugiere que se debe de contar con valores de referencia en cada uno de los centros donde se realizan este tipo de secuencias.

II. MARCO TEÓRICO

El mapeo T1 o tiempo de relajación T1 (relajación longitudinal) es una cualidad inherente de los tejidos que depende de la rapidez con que sus protones equilibran de nuevo sus espines después de ser excitados con un pulso de radiofrecuencia. El valor de T1 depende de la distribución de las moléculas de agua en los tejidos, es específico para cada uno de ellos y se modifica sólo en función de su estado fisiopatológico. El mapeo T1 permite cuantificar el tiempo de relajación T1 de los tejidos utilizando una expresión analítica de la imagen basada en la intensidad de señal de los píxeles. Se puede realizar mapa T1 nativo (sin contraste), mapa T1 postcontraste y mapa de VEC (fracción de volumen extracelular del miocardio).¹

El mapeo T1 tiene ventaja sobre el realce tardío (RT) con gadolinio ya que para la detección de RT se requiere de miocardio sano, es cualitativo, además que no detecta fibrosis difusa del miocardio, que es una forma más temprana de fibrosis que puede ser reversible. Las nuevas técnicas de mapeo T1 permiten la evaluación cuantitativa de la fibrosis miocárdica difusa.² Estudios histológicos previos en humanos han reportado una relación consistente entre una variedad de índices basados en T1 (T1 nativa, T1 post-contraste, y VEC) y la extensión de la fibrosis miocárdica difusa, sin diferencias significativas entre los coeficientes de correlación agrupados de los diversos índices. Sin embargo, una distinción importante es que, tanto el VEC como el T1 poscontraste son predominantemente reflejo de cambios en el espacio extracelular, el tiempo T1 sin contraste (nativo) depende de factores intracelulares y extracelulares/intersticiales.³

Por su parte el T2 o tiempo de relajación espín-espín se define como el tiempo requerido para que la magnetización transversal del vector alcance el 37% de su magnitud original después de su excitación inicial. El T2 de un tejido es más corto cuando el agua se encuentra estrechamente adherida a grandes moléculas como el colágeno y, por el contrario, es más largo cuando el agua se encuentra libre.⁴ Por lo anterior, es de gran utilidad para detectar la presencia de edema tisular.

VALORES NORMALES

Los valores normales de los mapeos pueden variar por confusores físicos/biológicos que incluyen intensidad de campo magnético y temperatura, el mapeo T1 puede incrementarse aproximadamente 1% por cada 1 °C de incremento de la temperatura, el mapeo T2 puede acortarse con el incremento de la temperatura. Existen además confusores metodológicos que incluyen la técnica que se emplee, por lo que es necesario en todos los lugares donde se realice esta técnica establecer valores normales locales de referencia.⁵ El valor de T1 del miocardio normal varía en función del equipo de resonancia utilizado, del campo magnético (el valor de T1 es mayor en equipos de 3 T que de 1,5 T), de la secuencia empleada, del efecto T2, de la frecuencia cardíaca, del movimiento, del sexo y de la edad.¹ Existe dependencia entre el T2 y la frecuencia cardíaca, con frecuencias cardíacas elevadas el valor del T2 disminuye.⁴

La Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) y la European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI) cuentan con un consenso que establecen las recomendaciones para la adecuada realización de estas técnicas.⁵

APLICACIÓN CLINICA

El mapeo paramétrico es útil en pacientes sometidos a evaluación de sospecha de enfermedad miocárdica, y masas. En los escenarios clínicos de sobrecarga potencial de hierro, amiloidosis, enfermedad de Anderson-Fabry y miocarditis. Debe ser considerado en la evaluación diagnóstica de todos los pacientes con insuficiencia cardíaca y elevación inexplicable de troponina.⁵

El mapeo T1 al permitir el diagnóstico no invasivo de la fibrosis miocárdica difusa en el espacio extracelular puede ser un instrumento eficaz para la caracterización de los pacientes con insuficiencia cardíaca y fracción de eyección conservada en

estudios epidemiológicos, diagnósticos y terapéuticos.⁶ Además, ya que la fibrosis miocárdica difusa puede ser un sustrato para el inicio y mantenimiento de arritmias ventriculares, en un estudio se vio que la evaluación cuantitativa del tejido miocárdico utilizando el mapeo T1 es un predictor independiente de arritmia ventricular en miocardiopatías isquémicas y no isquémicas.⁷

En cardiotoxicidad se ha empleado una combinación de mapeo T1 antes y después del contraste para calcular la fracción de volumen extracelular miocárdico, un aumento de este indica una fibrosis difusa, lo cual puede ser de utilidad para la evaluación de los pacientes antes y después de inicio tratamiento, así como a su término.⁸ Se ha visto que el mapeo T1 y la Strain Longitudinal Global por ecocardiografía podrían servir para guiar selectivamente la biopsia endomiocárdica en pacientes con trasplante cardiaco.⁹

El T2 se encuentra elevado en las condiciones que cursan con un incremento del agua libre en el miocardio, como sucede en el infarto agudo, en la miocarditis, en la miocardiopatía inducida por estrés y otras miocardiopatías y en el rechazo al trasplante cardiaco.⁴

La elevación significativa de T2 se observó en la pared libre del ventrículo derecho en el grupo de hipertensión pulmonar, y en la pared lateral del ventrículo izquierdo en el grupo de estenosis aórtica, comparada con el grupo control. El T2 en la inserción del ventrículo derecho se correlacionó significativamente con el volumen telediastólico indexado del ventrículo derecho ($r=0.608$, $p=0.016$) y la masa indexada de dicho ventrículo ($r=0.57$, $p=0.026$) en el grupo de hipertensión pulmonar. El T2 en la pared lateral y la inserción del ventrículo derecho se correlacionó con el gradiente medio de la válvula aórtica en el grupo de estenosis aórtica ($r=0.56$, $p=0.02$; $r=0.58$, $p=0.01$, respectivamente).¹⁰

En un estudio en pacientes con miocardiopatía dilatada un umbral de T2 >65.3 ms identificó a pacientes con inflamación comprobada por biopsia con una sensibilidad del 79% y una especificidad del 58%; por lo que el mapeo T2 puede facilitar la identificación de pacientes que pueden beneficiarse de una biopsia endomiocárdica para la toma de decisiones terapéuticas.¹¹

Los mapeos pueden ser útiles para la evaluación de trombos y masas. En un estudio los trombos recientes tenían un T1 nativo más corto que los trombos antiguos (911 ± 177 frente a 1169 ± 107 ms, $p = 0,01$). Las masas con un T1 más corto que el miocardio fueron lipomas (278 ± 29 ms), calcificaciones (621 ± 218 ms) y melanoma (736 ms). Todas las demás masas mostraron valores de T1 más altos que T1 miocárdico, con T2 consistentemente > 70 ms.¹² Estos métodos también pueden ser utilizados para la evaluación del ventrículo derecho, en presencia de hipertensión pulmonar o cardiopatías congénitas con afección principal del ventrículo derecho.¹³

Concluyendo que la evaluación miocárdica con mapeo tisular T1 y T2 por resonancia magnética cardíaca resulta ser de gran utilidad en la práctica clínica diaria, ya que no sólo nos sirve para el diagnóstico enfermedades, logrando detectar alteraciones miocárdicas de forma muy temprana cuando aún no es posible por otros métodos, sino que además se puede realizar evaluación del tratamiento, con aplicación pronóstica.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los valores normales del mapeo T1 y T2 segmentarios y globales en nuestra población?

Las técnicas de mapeo cardiaco T1 y T2 permiten detectar anomalías cardiacas en fases muy tempranas, en donde apenas existen ligeros cambios extracelulares y/o intracelulares que no es posible de detectar por técnicas convencionales. Su aplicación permite realizar el diagnóstico de enfermedades, seguimiento de respuesta a tratamientos, evaluación de efectos adversos a corto y largo plazo de medicamentos (quimioterapia), así como guía para la realización de procedimientos invasivos (biopsias, ablaciones).

Los valores normales del mapeo T1 y T2 suelen variar de acuerdo al equipo de resonancia utilizado, del campo magnético, la secuencia empleada, del efecto T2, de la frecuencia cardiaca, del movimiento, del sexo y de la edad, por lo que consenso de recomendaciones clínicas sugieren que se debe de contar con valores de referencia en cada uno de los centros donde se realizan este tipo de secuencias.

Además de existir poca información de los valores segmentarios tanto del mapeo T1 como T2.

IV. JUSTIFICACIÓN

Hasta el momento existe variabilidad en los valores de mapeo de acuerdo a la técnica utilizada, por lo que es necesaria la estandarización de los valores normales de mapeo tanto T1 como T2 para ser aplicable a nuestra comunidad.

Cabe resaltar además que actualmente existe poca o nula evidencia acerca de los valores normales para cada segmento cardiaco, centrándose la mayoría de estudios en valores globales. Es importante conocer los valores segmentarios normales ya que muchas enfermedades afectan de forma segmentaria al corazón, así mismo, puede ser de gran ayuda para guiar tomas de biopsias entre muchas

más aplicaciones.

En este estudio se pretende obtener los valores normales segmentarios y globales del mapeo T1 como T2, así como identificar si existe diferencia de estos valores de acuerdo al género.

V. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

PRIMARIO

1.- Determinar los valores normales de los mapeos T1 y T2 segmentarios y globales

SECUNDARIO

1.- Identificar si existe diferencia entre los valores normales de acuerdo al género

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.I. Diseño del estudio

Estudio observacional, descriptivo, transversal, prospectivo y comparativo

VI.II Población estudiada

Criterios de inclusión: Hombres y mujeres de entre 18 y 65 años de edad, con riesgo cardiovascular bajo.

Criterios de exclusión: Exploración cardiovascular anormal

Criterios de eliminación: resultado anormal o alteraciones en el estudio de resonancia magnética

VI.III Métodos utilizados para la captura de datos:

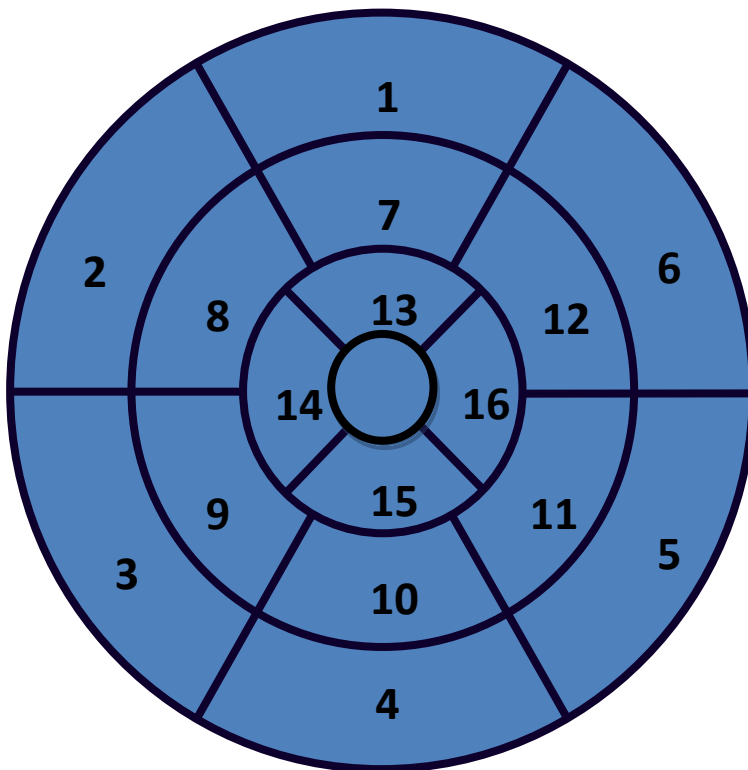
- Se utilizó hoja de vaciado para la recolección de datos
- Los datos fueron capturados en una base de datos diseñada en Microsoft Excel 2016®
- El análisis estadístico se realizó con el software IBM SPSS Statics Visor® Ver. 20

VI. IV Procedimiento

Se realizaron resonancias magnéticas morfológicas funcionales a hombres y mujeres de entre 18 y 65 años de edad.

En las resonancias magnéticas se midieron diámetros de cavidades, función ventricular izquierda y valores de los mapeos T1 y T2 en cada uno de los 16 segmentos según la segmentación de Cerqueira (Figura 1).

Segmentación de Cerqueira



Segmento	
1	Anterior basal
2	Anteroseptal basal
3	Inferoseptal basal
4	Inferior basal
5	Inferolateral basal
6	Anterolateral basal
7	Anterior medio
8	Anteroseptal medio
9	Inferoseptal medio
10	Inferior medio
11	Inferolateral medio
12	Anterolateral medio
13	Anterior apical
14	Septal apical
15	Inferior apical
16	Lateral apical

Se utilizó software Myomaps (Siemens), en resonador de 1.5 Teslas, con los siguientes parámetros técnicos:

T1	T2
Secuencia T1Map_LongT1	Secuencia T2Map_TrueFISP (SSFP)
Factor de distancia: 20%	Factor de distancia: 20%
Dirección de fase: A>>P	Dirección de fase: A>>P
Sobrem en fase: 100%	FoV lectura: 360 mm
FoV de lectura: 320 mm	FoV fase: 80.2%
FoV fase: 75%	Grosor del corte: 8 mm
Grosor del corte: 8 mm	TR 193.27 ms
TR: 436 ms	TE: 1,07 ms
TE: 1,1ms	
TI 180 ms	Ángulo de inclinación: 70 grados
Ángulo de inclinación 35 grados	

VII. VARIABLES

VARIABLES	CONCEPTUAL	CATEGORÍA
Edad	Años de vida cronológica	Cuantitativa de intervalo
Género	Sexo del paciente	Cualitativa dicotómica nominal
Índice de masa corporal	Razón matemática que asocia la masa y la talla de un individuo	Cuantitativa continua
Área de superficie corporal	cálculo de la superficie del cuerpo humano.	Cuantitativa continua
Diabetes Mellitus tipo 2	Trastorno metabólico que se caracteriza por hiperglucemia en el contexto de resistencia a la insulina y falta relativa de insulina	Cualitativa Dicotómica nominal
Hipertensión Arterial Sistémica	Incremento de la presión sanguínea por arriba de los límites normales	Cualitativa Dicotómica nominal
Dislipidemia	Presencia de elevación anormal de concentración de grasas en la sangre	Cualitativa Dicotómica nominal
Tabaquismo	Consumo de tabaco	Cualitativa Dicotómica nominal
Fracción de expulsión del ventrículo izquierdo	Porcentaje de sangre expulsada del ventrículo izquierdo con cada latido	Cuantitativa continua
Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo indexado	Volumen al final de la diástole del ventrículo izquierdo	Cuantitativa continua
Volumen telesistólico del ventrículo izquierdo indexado	Volumen al final de la sístole del ventrículo izquierdo	Cuantitativa continua
Volumen latido indexado	Volumen de sangre impulsada por el ventrículo en cada latido	Cuantitativa continua
Masa indexada	Cantidad de materia del ventrículo	Cuantitativa continua

	izquierdo	
Área de aurícula izquierda indexada	Superficie de la aurícula izquierda	Cuantitativa continua
Área de aurícula derecha indexada	Superficie de la aurícula derecha	Cuantitativa continua
Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo indexado	Diámetro máximo del ventrículo izquierdo en proyección de 3 cámaras	Cuantitativa continua
Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo	Diámetro menor del ventrículo izquierdo en proyección de 3 cámaras	Cuantitativa continua
Grosor del septum	Diámetro del septum en proyección de 3 cámaras	Cuantitativa continua
Grosor de pared posterior	Diámetro de la pared posterior del ventrículo en proyección de 3 cámaras	Cuantitativa continua
Mapeo de T1 (por segmento) en mseg	Tiempo de relajación longitudinal	Cuantitativa continua
Mapeo de T2 (por segmento) en mseg	Tiempo de relajación transversal	Cuantitativa continua

VIII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables cuantitativas se reportaron como media \pm desviación estándar o mediana y rango intercuartil de acuerdo a la distribución, la cual fue evaluada con prueba de KolmogorovSmirnov. Las variables cualitativas se reportaron en número y porcentaje.

La comparación de las variables continuas entre grupos se realizó con la prueba t de Student o U de Mann Whitney y la comparación de las variables cualitativas se realizó con la prueba de χ^2 o prueba exacta de Fisher.

El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico SPSSStatic Visor® Ver. 20.

IX. RESULTADOS

Se realizaron 60 estudios de resonancia magnética, se excluyó 1 paciente por riesgo cardiovascular moderado, 3 por mala calidad del estudio, 1 por estudio incompleto y 4 por alteraciones estructurales y/o funcionales en el estudio.

En el análisis final se incluyeron 51 sujetos sanos, de los cuales 25 (49%) fueron del género masculino y 26 (51%) del género femenino.

La mediana de edad fue 30 años (RIQ 28-31 años).

El índice de masa corporal fue de $25 \pm 3.1 \text{ kg/m}^2$, y el área de superficie corporal $1.76 \pm 0.15 \text{ m}^2$.

La **tabla 1** muestra los resultados del análisis morfológico funcional de la resonancia magnética. El diámetro diastólico y los volúmenes y masa indexados, así como el grosor del septum y pared posterior son significativamente mayores en los sujetos del género masculino. No hubo diferencia significativa en las áreas de las aurículas (valores indexados), ni en la fracción de expulsión

Tabla 1. Análisis morfológico funcional del ventrículo izquierdo.

Variable	Total	Género Masculino	Género Femenino	p
FEVI (%)	60.5 \pm 3.2	60.9 \pm 3.4	60.9 \pm 3	0.42
VTDVI index (ml/m ²)	61.3 \pm 10.4	66.1 \pm 9.1	56.4 \pm 9.4	0.001
VTSVI index (ml/m ²)	24.3 \pm 5	26.5 \pm 4.9	22 \pm 3.8	0.001
VL index (ml/m ²)	36.8 \pm 6.6	39.1 \pm 6.1	34.4 \pm 6.3	0.01
Masa index (gr/m ²)	34.8 \pm 9	41.1 \pm 6.7	28.5 \pm 6.3	<0.001
Área AD index (cm ²)	9.8 \pm 2.3	10 \pm 2.7	9.6 \pm 1.8	0.6
Area AI index(cm ²)	10.6 \pm 2	10.3 \pm 1.6	10.8 \pm 2.4	0.44
DDVI index (mm/m ²)	25.6 \pm 3.8	24.5 \pm 4.5	26.6 \pm 2.6	0.04

DSVI index (mm/m ²)	17±2	16.6 ±2	17.4 ±1.8	0.13
Grosor del septum (mm)	8 ±1.2	8.7 ±0.9	7.2 ±1	<0.001
Grosor de la pared posterior (mm)	7.6 ±1.3	8.3 ±0.9	6.7 ±1.1	<0.001

FEVI= Fracción de expulsión del ventrículo izquierdo VTDVI= volumen telediastólico del ventrículo izquierdo VTSVI= volumen telesistólico del ventrículo izquierdo AD= Aurícula derecha AI= Aurícula izquierda DDVI= Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo DSVI= diámetro sistólico del ventrículo izquierdo
index= indexado

La **tabla 2** muestra los resultados de los valores de mapeo de T1 por segmento del ventrículo izquierdo. Los valores de los mapeos de T1 por segmento fueron significativamente más altos en las mujeres, excepto en 3 segmentos: inferolateral basal, anterior medio y anterior apical.

Tabla 2. Mapeo T1 (mseg)

Variable	Total	Género Masculino	Género Femenino	P
Anterior basal	996 ±40	975 ±37	1021 ±27	<0.001
Anteroseptal basal	1009 ±43	989 ±34	1034 ±41	0.001
Inferoseptal basal	1009±43	985 ±32	1039 ±35	<0.001
Inferior basal	1010 ±48	986 ±46	1038 ±32	<0.001
Inferolateral basal	986 ±47	975 ±24	998 ±63	0.14
Anterolateral basal	996 ±57	972 ±48	1024 ±53	0.002
Anterior medio	992 ±29	986 ±21	1000 ±35	0.13
Anteroseptal medio	1018 ±30	1004 ±26	1033 ±27	0.001
Inferoseptal medio	1020 ±36	1002 ±21	1040 ±38	<0.001
Inferior medio	997 ±41	977 ±32	1018 ±39	<0.001
Inferolateral medio	994 ±36	973 ±20	1020 ±35	<0.001
Anterolateral medio	998 ±35	984 ±26	1015 ±39	0.008
Anterior apical	1007 ±44	998 ±35	1020 ±54	0.29
Septal apical	1017 ±42	994 ±29	1047 ±37	<0.001
Inferior apical	1015 ±62	992 ±43	1042 ±71	0.01
Lateral apical	1014 ±57	991 ±48	1056 ±51	0.007

La **tabla 3** muestra los resultados de los valores de mapeo de T2 por segmento del ventrículo izquierdo. Los valores de los mapeos de T2 por segmento fueron significativamente más altos en las mujeres, excepto en los segmentos inferolateral y anterolateral tercio medio y, anterior y lateral tercio apical.

Tabla 3. Mapeo T2 (mseg)

Segmento*	Total	Género Masculino	Género Femenino	p
Anterior basal	49.8 ±3.4	48.6 ±3.3	51.1 ±3.1	0.012
Anteroseptal basal	49.3 ±4.3	47.2 ±3.7	51.3 ±4	0.002
Inferoseptal basal	49.4 ±3.5	48.1 ±3.2	50.6 ±3.4	0.016
Inferior basal	50.7 ±5.8	48.2 ±3.4	53.7 ±6.6	0.002
Inferolateral basal	48.4 ±4.6	46.8 ±2.6	49.9 ±5.7	0.027
Anterolateral basal	49.2 ±4.2	47.9 ±3	50.5 ±4.9	0.043
Anterior medio	49.5 ±5.2	48 ±3.9	51 ±5.8	0.042
Anteroseptal medio	49.3 ±4.3	47.2 ±2.8	51.5 ±4.5	<0.001
Inferoseptal medio	48.5 ±2.9	47.1 ±2.1	49.9 ±3	0.001
Inferior medio	48.6 ±4	47 ±2.7	50.3 ±4.4	0.003
Inferolateral medio	47.3 ±4.7	46.7 ±3.6	48 ±5.6	0.36
Anterolateral medio	48.4 ±3.7	47.8 ±3.2	49.1 ±4.1	0.25
Anterior apical	50 ±4.7	48.8 ±4.8	51.5 ±4.4	0.11
Septal apical	52.3 ±5.9	50 ±3.8	54.7 ±6.7	0.007
Inferior apical	49.1 ±4.1	47.9 ±3.2	50.6 ±4.7	0.046
Lateral apical	49.7 ±6.6	48.7 ±3.8	50.7 ±8.9	0.44

La **tabla 4** muestra el promedio de los valores de los mapeos de T1 en los tercios basal, medio y apical del ventrículo izquierdo de acuerdo al género. Los valores de mapeo de T1 global y en los tercios basal, medio y apical del ventrículo izquierdo fueron significativamente más altos en las mujeres. El valor de mapeo T1 global fue de 1008 ± 28 mseg.

Tabla 4. Mapeo T1 (mseg) por tercios

Tercio	Total	Género Masculino	Género Femenino	P
Basal	1002 ±36	982 ±32	1026 ±24	<0.001
Medio	1005 ±27	988 ±13	1024 ±25	<0.001

Apical	1022 ±48	997 ±28	1049 ±51	<0.001
Global	1008 ±28	986 ±19	1028 ±17	<0.001

La **tabla 5** muestra el promedio de los valores de los mapeos de T2 en los tercios basal, medio y apical del ventrículo izquierdo de acuerdo al género. Los valores de mapeo de T2 global y en los tercios basal, medio y apical del ventrículo izquierdo fueron significativamente más altos en las mujeres. El valor de mapeo T2 global fue de 49.2 ± 2.7 mseg.

Tabla 5. Mapeo T2 (mseg) por tercios

Variable	Total	Género Masculino	Género Femenino	P
Basal	49.4 ±3.3	47.7 ±2.4	51.1 ±3.3	<0.001
Medio	48.6 ±3.2	47.3 ±2.5	50 ±3.2	0.003
Apical	51 ±5	49.1 ±3.1	53 ±5.9	0.008
Global	49.2 ±2.7	47.7 ±2.1	50.1 ±2.7	<0.001

La **tabla 6** muestra la comparación de los valores de los mapeos de T1 entre los tercios (basal, medio y apical) del ventrículo izquierdo. Los valores de T1 fueron mayores en el tercio apical con diferencia significativa comparado con el tercio basal y medio en la población total, diferencia significativa con el tercio basal en los hombres y entre el tercio basal y medio en las mujeres.

Tabla 6. Comparación de los valores de Mapeo T1 (mseg) entre los tercios basal, medio y apical

	Basal	Medio	Apical	P
Total	1002	1005	1022	<0.05*‡
hombres	982	988	997	<0.05*
mujeres	1026	1024	1049	<0.05*‡

* p<0.05 T1 basal vs T1 apical

‡p < 0.05 T1 medio vs T1 apical

La tabla 7 muestra la comparación de los valores de los mapeos de T2 entre los tercios (basal, medio y apical) del ventrículo izquierdo. Los valores de T2 fueron mayores en el tercio apical con diferencia significativa comparado con el tercio basal y medio en la población total y en el género masculino, diferencia significativa con el tercio medio en las mujeres.

Tabla 7. Comparación de los valores de Mapeo T2 (mseg) entre los tercios basal, medio y apical

	Basal	Medio	Apical	P
Total	49.4	48.6	51	<0.05*‡
hombres	47.7	47.3	49.1	<0.05* ‡
mujeres	51.1	50	53	<0.05‡

* p<0.05 T2 basal vs T2 apical

‡ p < 0.05 T2 medio vs T2 apical

X. DISCUSION

Se estudiaron 51 sujetos sanos a los que se les midió mapeo T1 y T2 para la estandarización de los valores de referencia. Se midieron valores segmentarios ya que existen pocos estudios acerca de los valores normales por segmentos.

El valor de mapeo T1 global fue de 1008 ± 28 mseg y de mapeo T2 global fue de 49.2 ± 2.7 mseg. En un estudio multicéntrico realizado en controles sanos el promedio del valor de T1 nativo fue 950 ± 21 mseg para un resonador de 1.5 Teslas y de 1052 ± 23 para un resonador de 3 T.¹⁴Mientras que del T2 los valores normales usando steady-state free precession (SSFP) se reportaron en 52.18 ± 3.4 ms para un resonador de 1.5 Teslas y de 45.1 ms para un resonador 3 Teslas.

15

En el mapeo T1 el valor del tercio basal fue 1002 ± 36 mseg, del tercio medio 1005 ± 27 mseg y del tercio apical 1022 ± 48 mseg. Para el mapeo T2 el valor de tercio basal fue 49.4 ± 3.3 mseg, del tercio medio 48.6 ± 3.2 mseg y del tercio apical 51 ± 5 mseg, siendo los valores en el tercio apical mayores tanto en T1 como T2, correspondiendo a lo encontrado en diversos estudios, justificado por un aumento del promedio de volumen parcial en la región apical.¹⁶En el mapeo T1 el valor apical presentó diferencia significativa comparada con el tercio basal y medio en la población total, diferencia significativa con el tercio basal en los hombres y entre el tercio basal y medio en las mujeres. En el mapeo T2 con diferencia significativa comparada con el tercio basal y medio en la población total y en el género masculino, diferencia significativa con el tercio medio en las mujeres.

En un estudio en que se evaluaron los valores de T1 en los segmentos en eje corto y largo se encontraron variaciones significativas de los valores de tiempo T1 entre segmentos del corazón en el mismo eje.¹⁷

Los valores de los mapeos de T1 y T2 globales, por tercios así como en la mayoría de los segmentos fueron significativamente más altos en las mujeres. En un estudio donde se la variación normal de los valores de T1, el principal parámetro biológico que influyó en el ShMOLLI T1 del miocardio fue el género femenino, con T1 femenino más largo en 24 ms hasta la edad de 45 años, después de lo cual no hubo diferencias significativas con respecto a los hombres.¹⁸Valores normales mayores se han observado en distintos estudios.¹⁹Cuando está presente, las dependencias de los valores normales de T1 y ECV nativos en edad y género son débiles. La investigación de la presencia, dirección y dependencia de género de los cambios relacionados con la edad de las estimaciones de T1 y ECV nativas normales ha llevado a resultados contradictorios.¹⁶Sin encontrarse hasta el momento la causa de dicha variación entre género así como si existe alguna aplicación clínica para esta.

En el análisis morfológico funcional encontramos que volúmenes y masa indexados, así como el grosor del septum y pared posterior son significativamente mayores en los sujetos del género masculino. En un estudio donde en donde incluyo evaluación morfológica, los hombres presentaron un volumen latido del ventrículo izquierdo superior($81,4 \pm 15,0$ frente a $63,3 \pm 13,4$, diferenciade $18,1 \pm 6,7$ ml), como consecuencia de volúmenes telediastólico($144,2 \pm 23,2$ frente a $88,6 \pm 18,3$, diferenciade $55,6 \pm 9,9$ ml) y telesistólico ($62,8719,5$ frente a $25,479,1$, diferenciade $37,477,2$ ml) estadísticamente mayores. Hubo también una diferencia estadísticamente en la masa miocárdica ($98,8 \pm 30,4$ frente a $71,8 \pm 21,2$, diferencia de $37,4 \pm 7,2$ g).²⁰Siendo nuestros resultados morfológicos similares a lo reportado en la literatura.

XI. CONCLUSION

Resulta esencial contar con valores de referencia de los mapeos cardiacos, ya que hasta el momento no se cuenta con valores estandarizados y dichos valores varían de acuerdo a múltiples factores, tanto técnicos como biológicos. Con este estudio se obtuvieron los valores normales de referencia de los mapeos T1 y T2 en un resonador de 1.5 Tesla. Se obtuvieron valores globales, por tercios y segmentos por género, con los que se podrán evaluar diversas patologías cardiacas de nuestra población así como se abre un parte aguas para investigaciones futuras con aplicaciones diagnósticas, terapéuticas y pronosticas.

XII. REFERENCIAS

1. Perea R.J., Ortiz J.T., Prat S., de Caralt T.M., Cibeira M.T., Solé M. Técnicas paramétricas de caracterización tisular del miocardio mediante resonancia magnética (parte 1): mapas de T1. Radiología. 2016;58(3):pp.164-177.
2. Everett R.J., Stirrat C.G., Semple S.I.R., Newby D.E. Dweck M.R., Mirsadraee S. Assessment of myocardial fibrosis with T1 mapping MRI. ClinicalRadiology (2016); 71: pp. 768-778.
3. Taylor A., Salerno M., Dharmakumar R., Jerosch-Herold M.T1 Mapping. Basic Techniques and ClinicalApplications. JACC: Cardiovascular Imaging. 2016; 9 (1): pp. 67-81.
4. Perea R.J., Solé M., Prat S., de Caralt T.M.,Cibeira M.T., Ortiz J.T. Técnicas paramétricas de caracterización tisular del miocardio mediante resonancia magnética (parte 2): mapas de T2. Radiología. 2015;57(6):471-479.
5. Messroghli D.R., Moon J.C., Ferreira V.M., Grosse-Wortmann L., He T., Kellman P., Mascherbauer J., Nezafat R., Salerno M., Schelbert E.B., Taylor A.J., Richard Thompson R., Ugander M., van Heeswijk R.B., Friedrich M.G. Clinicalrecommendationsfor cardiovascular magneticresonancemapping of

- T1, T2, T2* and extracellular volume: A consensus statement by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) endorsed by the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI). *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* (2017) 19:75.
6. Rommela K-P., Luckeb C., Lurza P. Valor diagnóstico y pronóstico del mapeo de T1 mediante RMC de los pacientes con insuficiencia cardiaca y fracción de eyección conservada. *RevEspCardiol.* 2017;70 (10): pp. 848–855.
 7. Chen et al. Myocardial tissue characterization by cardiac magnetic resonance imaging using T1 mapping predicts ventricular arrhythmia in ischemic and non-ischemic cardiomyopathy patients with implantable cardioverter-defibrillators. *Heart Rhythm.* 2015; 12 (4): pp. 792-801.
 8. Lopez-Fernandez T., Thavendiranathan P.: Nuevas técnicas de imagen cardiaca en la detección precoz de cardiotoxicidad secundaria a tratamientos oncológicos. *RevEspCardiol.* 2017;70(6): pp. 487–495.
 9. Sade L., Hazirolan T., Kozan H., Ozdemir H., Hayran M., Eroglu S., Pirat B., Sezgin A., Muderrisoglu H. T1 Mapping by Cardiac Magnetic Resonance and Multidimensional Speckle-Tracking Strain by Echocardiography for the Detection of Acute Cellular Rejection in Cardiac Allograft Recipients. *JACC: Cardiovascular Imaging.* 2018.
 10. Wang J., Zhao H., Wang Y., Herrmann H.C., Witschey W.R.T., Han Y. Native T1 and T2 mapping by cardiovascular magnetic resonance imaging in pressure overloaded left and right heart diseases. *J Thorac Dis* 2018;10(5):2968-2975.
 11. Spieker M., Katsianos E., Gastl M., Behm P., Horn P., Jacoby C., Schnackenburg B., Reinecke P., Kelm M., Westenfeld R., Bonner F. T2 mapping cardiovascular magnetic resonance identifies the presence of myocardial inflammation in patients with dilated cardiomyopathy as compared to endomyocardial biopsy. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging* (2017) 0, 1–9.

12. Thibault-Caspar T., El Ghannudi S., Ohana M., Aïssam-Labani A., Lawson A., Ohlmann P., Morel O., De Mathelin M., Roy C., Gangi A., Germain P. Magnetic resonance evaluation of cardiac thrombi and masses by T1 and T2 mapping: an observational study. *Int J Cardiovasc Imaging*. DOI 10.1007/s10554-016-1034-6.
13. Surkova E., Muraru D., Iliceto S., Badano L.P. The use of multimodality cardiovascular imaging to assess right ventricular size and function. *International Journal of Cardiology* (2016); 214: pp. 54–69.
14. Dabir D, Child N, Kalra A, Rogers T, Gebker R, Jabbour A, et al. Reference values for healthy human myocardium using a T1 mapping methodology: results from the International T1 multicenter cardiovascular magnetic resonance study. *J Cardiovasc Magn Reson* 2014;16:69
15. Kim et al. Myocardial T1 and T2 Mapping: Techniques and Clinical Applications. *Korean J Radiol* 2017;18(1):113-131
16. Reiter G., Clemens Reiter C., Kräuter C., Fuchsjäger M., Reiter U. Cardiac magnetic resonance T1 mapping. Part 1: Aspects of acquisition and evaluation. *European Journal of Radiology* 109 (2018) 223–234.
17. Heiss R., Wiesmueller M., Uder M., May M.S., Wuest W. Native cardiac T1 Mapping: Standardized inline analysis of long and short axis at three identical 1.5 Tesla MRI scanners. *European Journal of Radiology* 107 (2018) 203–208
18. Piechnik S.K., Ferreira V.M., Lewandowski A.J., Ntusi N., Banerjee R., Holloway C., Hofman M., Sado D.M., Maestrini V., White S.K., Lazdam M., Karamitsos T., Moon J.C., Neubauer S., Leeson P., Robson M.D. Normal variation of magnetic resonance T1 relaxation times in the human population at 1.5 T using ShMOLLI. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2013, 15:13.
19. Roy C., Slimani A., de Meester C., Amzulescu M., Pasquet A., Vancraeynest D., Vanoverschelde J.L., Pouleur A.C., Gerber B.L. Age and sex corrected normal reference values of T1, T2 T2* and ECV in

healthysubjects at 3T CMR. Journal of Cardiovascular MagneticResonance (2017) 19:72.

20. Chaustre L.F., Martí L., Roldan I., Calvillo P., R. Sanz R., Morata D. Resonancia magnética del ventrículo izquierdo en sujetos sanos: valores normales de morfología, función, perfusión y viabilidad. Radiología. 2009;51(3):273–281