

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



**HOSPITAL CARDIOLÓGICA AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**“CARACTERÍSTICAS ELECTROCARDIOGRÁFICAS EN  
INDIVIDUOS CON PUENTE MUSCULAR MIOCÁRDICO:  
ANÁLISIS DE UNA SERIE DE CASOS CONFIRMADOS.”**

**TESIS PRESENTADA POR  
FRANCISCO JAVIER CAMPOS HERNÁNDEZ**

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN:  
CARDIOLOGÍA CLÍNICA.**

**COMITÉ TUTORAL:  
DR. GUILLERMO ANTONIO LLAMAS ESPERÓN.  
DRA. MARTHA ENUÉ VACIO OLGUÍN.**

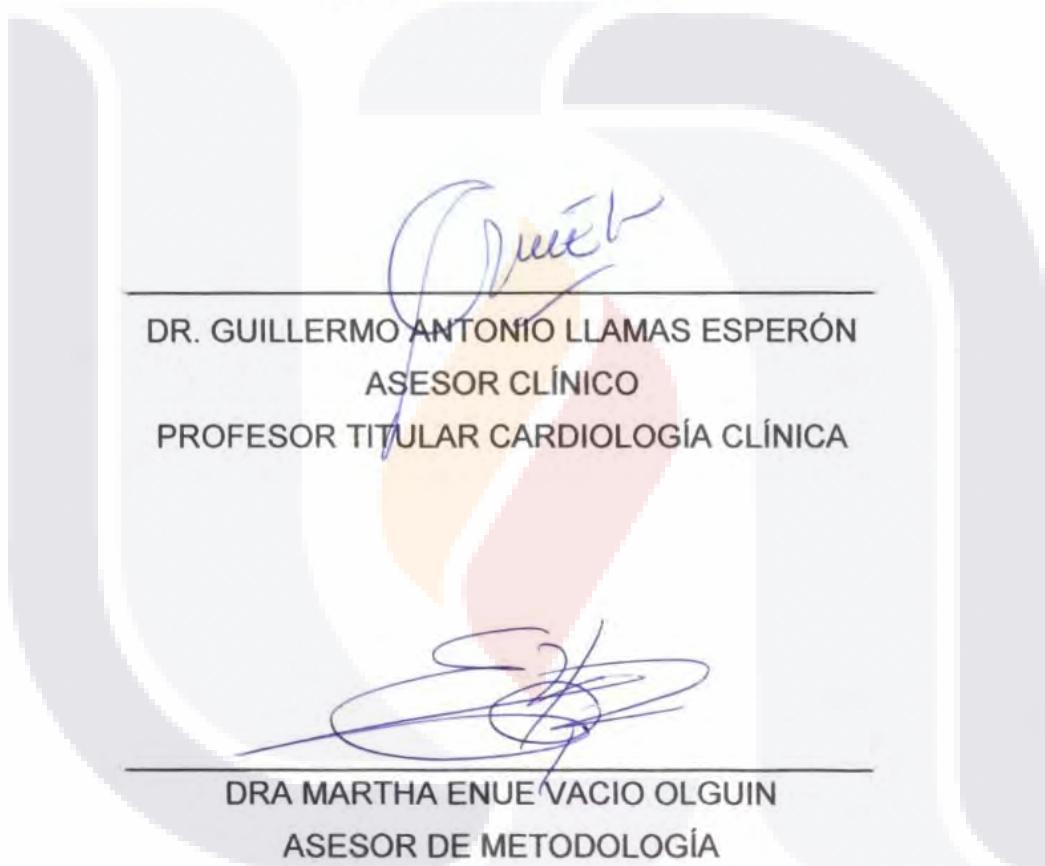
**AGUASCALIENTES, AGS, 19 DE ENERO DEL 2026.**

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



### CARTA DE ASESORES



DR. GUILLERMO ANTONIO LLAMAS ESPERÓN  
ASESOR CLÍNICO  
PROFESOR TITULAR CARDIOLOGÍA CLÍNICA

DRA MARTHA ENUE VACIO OLGUIN  
ASESOR DE METODOLOGÍA

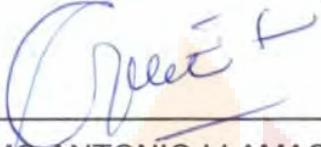
AGUASCALIENTES, AGS A 20 DE OCTUBRE DE 2025

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



### AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

  
DR. GUILLERMO ANTONIO LLAMAS ESPERÓN  
ASESOR CLÍNICO  
PROFESOR TITULAR CARDIOLOGÍA CLÍNICA

  
DRA MARTHA ENUE VACIO OLGUIN  
ASESOR DE METODOLOGÍA

AGUASCALIENTES, AGS A 20 DE OCTUBRE DE 2025

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



Aguascalientes, Ags., a Lunes 20 de octubre del 2025.

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD.  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES.  
PRESENTE:**

Por medio de la presente hago de su conocimiento que, bajo los lineamientos de nuestra institución, ha sido revisado el Protocolo de Investigación titulado:

**"CARACTERÍSTICAS ELECTROCARDIOGRÁFICAS EN INDIVIDUOS CON PUENTE MUSCULAR  
MIOCÁRDICO: ANÁLISIS DE UNA SERIE DE CASOS CONFIRMADOS"**

**INVESTIGADOR DEL PROYECTO:**

Francisco Javier Campos Hernández

**LUGAR DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Hospital Cardiológica Aguascalientes

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

Estudio retrospectivo, transversal, retrolectivo y no experimental para obtención de grado de Posgrado en Cardiología Clínica.

**ASESORES DE INVESTIGACIÓN:**

Dr. Guillermo Antonio Llamas Esperón.

Dra. Martha Enué Vacio Olguín.

Otorgando el dictamen de "**APROBADO**", previa revisión metodológica y temática.

**ATENTAMENTE:**

**DRA. MARTHA ENUE VACIO OLGUIN**

**JEFA DE ENSEÑANZA DEL HOSPITAL CARDIOLÓGICA AGUASCALIENTES**



*De corazón... palpitamos por tu salud.*

REPÚBLICA DE ECUADOR 200, FRACC. LAS AMÉRICAS, C.P. 20230  
AGUASCALIENTES, AGS. MÉXICO ☎ 449 915 40 00  
[info@cardiologica.com.mx](mailto:info@cardiologica.com.mx) • [www.cardiologica.com.mx](http://www.cardiologica.com.mx)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

# TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



Aguascalientes, Ags., Lunes 20 de octubre del 2025.

DRA. MARTHA ENUÉ VACIO OLGUÍN.  
JEFA DE ENSEÑANZA  
HOSPITAL CARDIOLÓGICA AGUASCALIENTES.  
PRESENTE.

Estimada Dra. Martha Vacio.

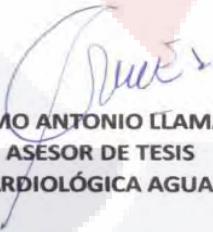
En respuesta a la petición hecha por el médico residente FRANCISCO JAVIER CAMPOS HERNÁNDEZ relacionada a presentar una CARTA DE ACEPTACIÓN DE SU TRABAJO DE TESIS titulado:

**"CARACTERÍSTICAS ELECTROCARDIOGRÁFICAS EN INDIVIDUOS CON PUENTE MUSCULAR MIOCÁRDICO: ANÁLISIS DE UNA SERIE DE CASOS CONFIRMADOS"**

Me permito informarle que, una vez leído y corregido el documento, considero que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin más por el momento aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE:

  
**DR. GUILLERMO ANTONIO LLAMAS ESPERÓN  
ASESOR DE TESIS  
HOSPITAL CARDIOLÓGICA AGUASCALIENTES**

Ccp. Dirección Médica HCA.

Ccp. Secretaría de Investigación y Posgrado del Centro de Ciencias de la Salud UAA.

Ccp. Archivo.



*De corazón... palpitamos por tu salud.*

REPÚBLICA DE ECUADOR 200, FRACC LAS AMÉRICAS, C.P. 20230, AGUASCALIENTES, AGS., MÉXICO  
TELÉFONO: 449 915 40 00 CON 10 LÍNEAS, e-mail: info@cardiologica.com.mx

Visite nuestra página en internet: [www.cardiologica.com.mx](http://www.cardiologica.com.mx)

# TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



Aguascalientes, Ags., Lunes 20 de octubre del 2025.

DRA. MARTHA ENUÉ VACIO OLGUÍN.  
JEFA DE ENSEÑANZA  
HOSPITAL CARDIOLÓGICA AGUASCALIENTES.  
PRESENTE.

Estimada Dra. Martha Vacio.

En respuesta a la petición hecha por el médico residente FRANCISCO JAVIER CAMPOS HERNÁNDEZ relacionada a presentar una CARTA DE ACEPTACIÓN DE SU TRABAJO DE TESIS titulado:

**"CARACTERÍSTICAS ELECTROCARDIOGRÁFICAS EN INDIVIDUOS CON PUENTE MUSCULAR MIOCÁRDICO: ANÁLISIS DE UNA SERIE DE CASOS CONFIRMADOS"**

Me permito informarle que, una vez leído y corregido el documento, considero que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin más por el momento aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE:

DRA. MARTHA ENUÉ VACIO OLGUIN  
ASESOR DE TESIS  
HOSPITAL CARDIOLÓGICA AGUASCALIENTES

Ccp. Dirección Médica HCA.

Ccp. Secretaría de Investigación y Posgrado del Centro de Ciencias de la Salud UAA.

Ccp. Archivo.



*De corazón... palpitamos por tu salud.*

REPÚBLICA DE ECUADOR 200, FRACC. LAS AMÉRICAS, C.P. 20230, AGUASCALIENTES, AGS., MÉXICO  
TELÉFONO: 449 915 40 00 CON 10 LÍNEAS, e-mail: info@cardiologica.com.mx

Visite nuestra página en internet: www.cardiologica.com.mx

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

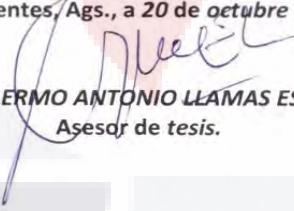


CARTA DE VOTO APROBATORIO

DR. SERGIO RAMIREZ GONZALEZ.  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD.  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES.  
P R E S E N T E

Por medio del presente como asesor de tesis designado del estudiante **FRANCISCO JAVIER CAMPOS HERNÁNDEZ** con ID 363543 quien realizó la tesis titulada: "CARACTERÍSTICAS ELECTROCARDIOGRÁFICAS EN INDIVIDUOS CON PUENTE MUSCULAR MIOCÁRDICO: ANALISIS DE UNA SERIE DE CASOS CONFIRMADOS", un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"Se Lumen Proferre"  
Aguascalientes, Ags., a 20 de octubre de 2025.  
  
DR. GUILLERMO ANTONIO LLAMAS ESPERÓN.  
Asesor de tesis.

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Coordinación del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión Integral.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07  
Actualización: 02  
Emisión: 13/08/25



*De corazón... palpitamos por tu salud.*

REPÚBLICA DE ECUADOR 200, FRACC. LAS AMÉRICAS, C.P. 20230  
AGUASCALIENTES, AGS. MÉXICO 449 915 40 00  
info@cardiologica.com.mx • www.cardiologica.com.mx

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

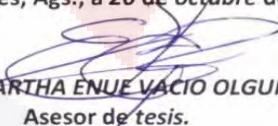


CARTA DE VOTO APROBATORIO

DR. SERGIO RAMIREZ GONZALEZ.  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD.  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES.  
P R E S E N T E

Por medio del presente como asesor de tesis designado del estudiante **FRANCISCO JAVIER CAMPOS HERNÁNDEZ** con ID 363543 quien realizó la tesis titulada: "**CARACTERÍSTICAS ELECTROCARDIOGRÁFICAS EN INDIVIDUOS CON PUENTE MUSCULAR MIOCÁRDICO: ANALISIS DE UNA SERIE DE CASOS CONFIRMADOS**", un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"Se Lumen Proferre"  
Aguascalientes, Ags., a 20 de octubre de 2025.  
  
DRA. MARTHA ENUE VACIO OLGUIN.  
Asesor de tesis.

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Coordinación del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Dept. Gestión Integral.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07  
Actualización: 02  
Emisión: 13/08/25



*De corazón... palpítamos por tu salud.*

REPÚBLICA DE ECUADOR 200, FRACC. LAS AMÉRICAS, C.P. 20230  
AGUASCALIENTES, AGS. MÉXICO • +52 915 40 00  
info@cardiologica.com.mx • www.cardiologica.com.mx

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



## DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO - ESPECIALIDADES MÉDICAS



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 19/01/2026

NOMBRE: CAMPOS HERNANDEZ FRANCISCO JAVIER ID 363543  
ESPECIALIDAD: CARDIOLOGIA CLINICA LGAC (del posgrado): CARDIOLOGIA Y ENFERMEDADES CARDIACAS  
TIPO DE TRABAJO: ( X ) Tesis ( ) Trabajo práctico  
SEDE HOSPITALARIA: HOSPITAL CARDIOLOGICO AGUASCALIENTES

CARACTERISTICAS ELECTROCARDIOGRAFICAS EN INDIVIDUOS CON PUENTE MUSCULAR MIOCARDICO:  
ANALISIS DE UNA SERIE DE CASOS CONFIRMADOS

TITULO: MEJORAR LA SOSPECHA Y EL ABORDAJE OPORTUNO DE PACIENTES CON DOLOR TORACICO SIN ENFERMEDAD CORONARIA OBSTRUCTIVA, OPTIMIZANDO RECURSOS EN SALUD Y FAVORECIENDO LA ATENCION MEDICA BASADA EN EVIDENCIA

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): \_\_\_\_\_

INDICAR SI - NO - NA (No aplica) SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

- SI El trabajo es congruente con las LGAC de la especialidad médica  
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario  
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado  
SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda  
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área  
SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área  
SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país  
NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica  
SI Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)

El egresado cumple con lo siguiente:

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Posgrado  
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios  
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial  
SI Cuenta con la aprobación del (la) Jefe de Enseñanza y/o Hospital  
SI Coincide con el título y objetivo registrado  
SI Tiene el CVU de la SECIHTI actualizado  
SI Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

Si X  
No \_\_\_\_\_

FIRMAS

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

MCB.E SILVIA PATRICIA GONZÁLEZ FLORES

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

DR. EN FARM. SERGIO RAMÍREZ GONZÁLEZ

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 136 fracción II, Inciso g) del Reglamento General de Posgrado que a la letra señala: autorización de la persona titular del Decanato del Centro de Ciencias de la Salud.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

ISSN 2683-2828

# CARDIOVASCULAR AND METABOLIC SCIENCE

Continuation of the Revista Mexicana de Cardiología

2024



## XXI CONGRESO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA

ABORDAJE MULTIDISCIPLINARIO DE UN MISMO PROBLEMA

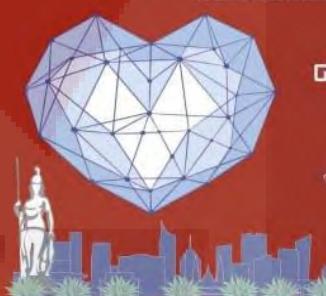
GUADALAJARA, JAL. MÉXICO

30 DE OCTUBRE AL 2 DE NOVIEMBRE 2024

EACVI  
European Association of  
Cardiovascular Imaging

ASE  
AMERICAN SOCIETY OF  
ECHOCARDIOGRAPHY

5TH WORLD SUMMIT ON  
ECHOCARDIOGRAPHY



Resúmenes de Trabajos Libres

VOLUME 35, SUPPLEMENT 2  
OCTOBER-DECEMBER 2024

Indexed under CUIDEN data base (Granada España)  
Complete version on internet (indexed and compiled):  
Medigraphic, Literatura Biomédica: [www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

#### **24.4. Cardioembolismo a miembro superior derecho como manifestación inicial de trombo intracavitario en ventrículo izquierdo**

Campos-Hernández Francisco, Llamas-Esperón Guillermo,  
Robles-Jaime Juan, Gámez-González Daniel, Nieves-Paredes Eduardo,  
Ramírez-Moreno Montserrat  
Hospital Cardiológica Aguascalientes. Aguascalientes, México

**Introducción:** las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, la cardiopatía isquémica es una de las manifestaciones más comunes. La incidencia de complicaciones por infarto de miocardio (IM), como el desarrollo de trombos intracavitarios, es significativa y con alta mortalidad, siendo imperativo un diagnóstico y tratamiento inmediato. El embolismo arterial periférico, aunque menos común, es una complicación grave que puede requerir intervención quirúrgica urgente. **Descripción del caso:** masculino de 78 años con antecedentes de diabetes mellitus e hipertensión arterial. Presenta un episodio súbito de dolor en el antebrazo derecho, seguido de palidez y cianosis distal. La evaluación inicial reveló

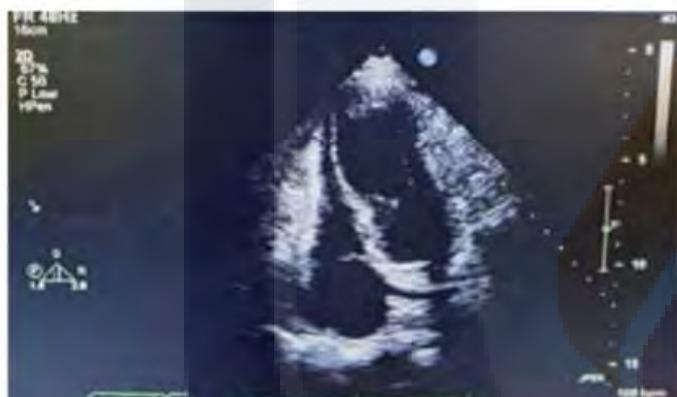
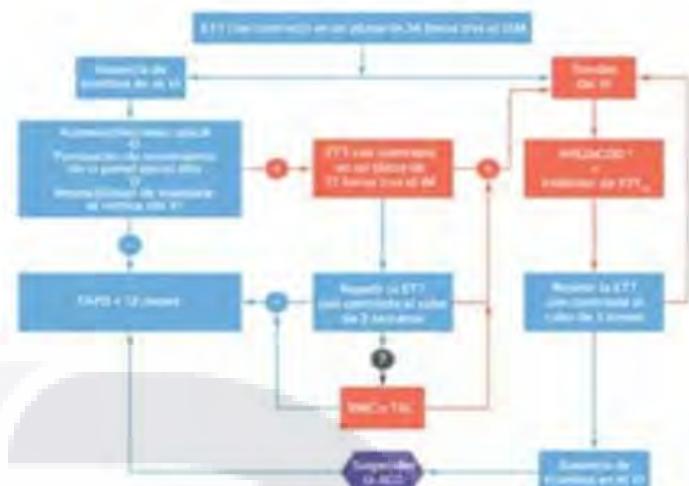


Figura 24.4.1.



**Figura 24.4.3:** Propuesta de enfoque del diagnóstico y el tratamiento de los trombos del VI tras un IM.

signos vitales estables. El ECG mostró un infarto anterior antiguo y los estudios de imagen (ETT y TC) un trombo intracavitario en ventrículo izquierdo (*Figura 24.4.1* y *24.4.2*). Se confirmó presencia de oclusión completa de la arteria braquial derecha con imagen de trombo intravascular por angiotomografía periférica, conduciendo a la realización de una tromboembolectomía exitosa. **Material y métodos:** se seleccionaron artículos de revisión y directrices internacionales actuales sobre el tratamiento de infarto del miocardio con complicaciones tromboembólicas y las indicaciones para procedimientos intervencionistas. **Resultados y conclusiones:** se presenta el caso de un paciente que sufrió un IM anteroseptal que pasó desapercibido para el paciente y que como manifestación principal de su enfermedad desarrolló embolismo periférico, detectando en su evaluación un trombo mural apical en el ventrículo izquierdo como el origen. La presentación inusual

Cardiovasc Metab Sci 2024; 35 (supl. 2): s233-s250

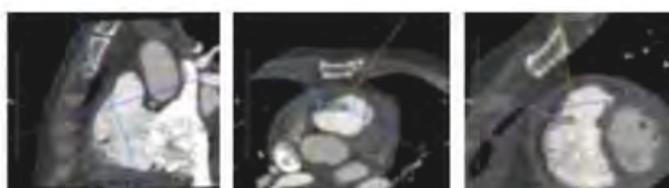
[www.cardiovascularandmetabolicscience.org.mx](http://www.cardiovascularandmetabolicscience.org.mx)

## Contenido

s236

*Resúmenes de Trabajos Libres del XXI Congreso Nacional de Cardiología*

en forma de embolismo arterial periférico como manifestación inicial de la cardiopatía isquémica señala la necesidad de un alto índice de sospecha para diagnosticar trombos intracavitarios. La trombectomía temprana y la anticoagulación mejoran el pronóstico y reducen el riesgo de recurrencia. Este caso destaca la necesidad de un seguimiento estricto y ajuste terapéutico para prevenir complicaciones futuras (*Figura 24.4.3*).



## **AGRADECIMIENTOS.**

A mi madre; el aire de mi amor, mi motor, mi apoyo incondicional, mi agradecimiento inicial y eterno para ella siempre. Gracias por apoyarme a cumplir mis sueños siempre. Nada hubiera logrado sin tu guía y tu amor incondicional. Gracias.

A mi padre; mi soporte y mi ejemplo a seguir. Porque gracias a tu gran resiliencia en la vida misma, yo me hice a tu semejanza y logré cumplir mis metas. Porque en las buenas y en las malas tú siempre me diste todo para que nada me faltara, estoy en deuda eterna con usted.

A mi hermana, que se convirtió en mi compañera y colega de vida, gracias por siempre apoyarme y aconsejarme en el camino. A mis hermanos, que siempre me cuidaron y me dieron todo. A ti, Jorge, que te llevo aquí bien pegadito al corazón.

Al Dr. Guillermo Llamas, a quien recordaré por siempre como mi padre de la Cardiología. Siempre estaré agradecido con usted, por creer en mí, por darme la mano, por guiarme con paciencia y ayudarme a cumplir mi más grande sueño de ser Cardiólogo.

A todos mis maestros y colegas de residencia médica, porque de todos me llevo grandes enseñanzas y amistades. Cuenten conmigo siempre.

## INDICE GENERAL.

<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE DE GRÁFICAS.....</b>	<b>4</b>
<b>ACRÓNIMOS.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>10</b>
<b>2. MARCO TEORICO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. MARCO HISTÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. MARCO CIENTÍFICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1. Definición.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2. Epidemiología.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.3. Fisiopatología.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.4. Manifestaciones clínicas.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.5. Métodos de diagnóstico.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.6. Tratamiento.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>19</b>
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>22</b>
<b>4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>5. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>6. OBJETIVOS.....</b>	<b>27</b>
<b>6.1. Objetivo primario.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2. Objetivos secundarios.....</b>	<b>27</b>
<b>7. HIPÓTESIS.....</b>	<b>28</b>
<b>8. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
<b>8.1. Tipo de estudio.....</b>	<b>29</b>
<b>8.2. Diseño metodológico.....</b>	<b>29</b>
<b>8.3. Criterios de selección:.....</b>	<b>29</b>
<b>8.4. Procedimiento de estudio.....</b>	<b>29</b>
<b>8.5. Universo y población de estudio.....</b>	<b>30</b>

<b>8.6. Muestreo y tamaño de muestra.....</b>	30
<b>8.7. Definición de Variables.....</b>	31
<b>8.8. Captura de datos.....</b>	32
<b>8.9. Cronograma de actividades.....</b>	32
<b>9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	33
<b>10. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....</b>	35
<b>11. RECURSOS DEL ESTUDIO.....</b>	36
<b>12. ASPECTOS DE SEGURIDAD.....</b>	37
<b>13. PLAN DE UTILIZACION DE RESULTADOS.....</b>	38
<b>14. CONFLICTO DE INTERESES.....</b>	39
<b>15. PRODUCTOS ESPERADOS.....</b>	40
<b>16. RESULTADOS.....</b>	41
<b>17. DISCUSIÓN.....</b>	53
<b>18. CONCLUSIONES.....</b>	56
<b>19. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....</b>	58
<b>20. SUGERENCIAS.....</b>	59
<b>21. GLOSARIO.....</b>	60
<b>22. BIBLIOGRAFIA.....</b>	62
<b>ANEXOS.....</b>	65
<b>ANEXO A. CRONOGRAMA.....</b>	65
<b>ANEXO B. MODELO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.....</b>	66
<b>ANEXO C. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	68

## INDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1: Características clínicas y angiográficas de la muestra de pacientes con PMM.</b> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 2: Hallazgos electrocardiográficos en la onda T en la muestra de pacientes con PMM.</b> .....	<b>45</b>
<b>Tabla 3: Hallazgos electrocardiográficos en el segmento ST en la muestra de pacientes con PMM.</b> .....	<b>46</b>
<b>Tabla 4: Otras características electrocardiográficas de la muestra de pacientes con PMM.</b> .....	<b>47</b>
<b>Tabla 5: Comparación de variables clínicas entre pacientes que presentaron alteraciones de la onda T (isquemia) vs pacientes sin alteraciones de la onda T.</b> .....	<b>48</b>
<b>Tabla 6: Comparación de variables clínicas entre pacientes que presentaron alteraciones desniveles del segmento ST (lesión) vs pacientes sin alteraciones del ST.</b> .....	<b>49</b>
<b>Tabla 7: Comparación de variables clínicas entre pacientes que presentaron trastornos de la conducción (bloqueo AV, bloqueo de rama, bloqueo fascicular) vs pacientes sin alteraciones de la conducción.</b> .....	<b>50</b>
<b>Tabla 8: Cuadro 2 x 2 para evaluar el rendimiento de la detección de la arteria afectada por electrocardiograma comprada con el estudio angiográfico.</b> .....	<b>51</b>
<b>Tabla 9: Criterios de Campos para PMM (CC-PMM).</b> .....	<b>52</b>
<b>Tabla 10: Interpretación del puntaje CC-PMM.</b> .....	<b>52</b>

## INDICE DE GRÁFICAS.

<b>Figura 1: Gráfico circular: Distribución de sexos entre los pacientes de la muestra..</b>	<b>42</b>
<b>Figura 2: Gráfico circular. Distribución por grupo de edad en los pacientes con PMM.</b>	<b>.....42</b>
<b>Figura 3: Gráfico circular. Prevalencia de síntomas en la muestra de pacientes con PMM.</b>	<b>.....43</b>
<b>Figura 4: Gráfico circular. Frecuencia de arteria coronaria afectada por PMM.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 5: Gráfico circular. Frecuencia de la localización del segmento afectado por coronariografía.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 6: Gráfico de caja. Medidas de tendencia central y dispersión de la variable edad.</b>	<b>.....44</b>

## **ACRÓNIMOS.**

**ACTC:** Angiografía Coronaria por Tomografía Computada.

**ADA:** Arteria Descendente Anterior izquierda.

**dFFR:** dobutamine derived Fractional Flow Reserve

**EAC:** Enfermedad Arterial Coronaria.

**ECG:** Electrocardiograma.

**ETTe:** Ecocardiografía Trans-Torácica de estrés.

**ICP:** Intervención Coronaria Percutánea.

**IPMe:** Imagen de Perfusion Miocárdica de estrés.

**IVUS:** Intravascular Ultrasound

**IRM:** Imagen por Resonancia Magnética.

**iFR;** instantaneous wave-Free Ratio

**OCT:** Optical Coherence Tomography

**PMM:** Puente Muscular Miocárdico.

**PET:** Positron Emission Tomography

**RFF:** Reserva Fraccional de Flujo.

**SCA:** Síndrome Coronario Agudo.

**SPECT:** Single-Photon Emission Computed Tomography

## RESUMEN.

**Título:** Características electrocardiográficas en individuos con puente muscular miocárdico: análisis de una serie de casos confirmados.

**Introducción:** El puente muscular miocárdico (PMM) es una anomalía coronaria congénita en la cual un segmento de una arteria epicárdica discurre dentro del miocardio. Su relevancia clínica ha aumentado, pues puede asociarse con angina, isquemia y arritmias. A pesar de ello, los hallazgos electrocardiográficos (ECG) siguen siendo poco caracterizados, especialmente en población mexicana.

**Objetivo:** Describir las características electrocardiográficas en individuos con PMM atendidos en el Hospital Cardiológica Aguascalientes.

**Material y métodos:** Estudio descriptivo, retrospectivo, que incluyó 55 expedientes con diagnóstico de PMM confirmado por coronariografía entre enero de 2019 y julio de 2025. Se registraron variables clínicas, angiográficas y electrocardiográficas (ritmo, frecuencia, eje, onda T, segmento ST, onda U y QTc). Se aplicó estadística descriptiva.

**Resultados:** Se analizaron 55 casos; 65% fueron hombres, con edad promedio de 59 años. El 85% presentó angina típica de esfuerzo. La arteria más afectada fue la descendente anterior en 88% de los casos, predominantemente en su segmento medio (82%). Respecto al ECG, se documentaron ondas T negativas en V1–V2 en 11% y en DII en 13%. El 9% presentó infradesnivel del ST de V3 a V6 y 11% supradesnivel en DII, DIII y aVF. Las ondas U estuvieron presentes en 55% y el hemibloqueo fascicular anterior en 15%. Con base en los hallazgos, se planteó un modelo exploratorio denominado “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico”, integrado por los patrones electrocardiográficos más frecuentes.

**Conclusión:** Los pacientes con PMM mostraron alteraciones electrocardiográficas recurrentes, principalmente inversión de la onda T, presencia de ondas U y hemibloqueo fascicular. Si bien estos hallazgos carecen de especificidad, pueden orientar la sospecha clínica. El ECG mostró sensibilidad moderada y baja especificidad, por lo que debe considerarse un estudio de apoyo. Los Criterios de Campos representan una propuesta inicial

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

para estandarizar la interpretación electrocardiográfica en PMM y requieren validación en estudios posteriores.

**Palabras clave:** puente muscular miocárdico, coronariografía, electrocardiograma.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

## ABSTRACT.

**Title:** Electrocardiographic characteristics in individuals with myocardial bridging: analysis of a confirmed case series.

**Introduction:** Myocardial bridging (MB) is a congenital coronary anomaly in which a segment of an epicardial coronary artery courses within the myocardium. Although often considered benign, MB has been associated with exertional angina, dynamic ischemia, arrhythmias, and, rarely, adverse cardiovascular events. Despite its clinical relevance, electrocardiographic (ECG) findings remain poorly characterized, particularly in the Mexican population.

**Objective:** To describe the electrocardiographic characteristics of individuals with MB evaluated at Hospital Cardiológica Aguascalientes.

**Material and methods:** A descriptive, retrospective study including 55 medical records of patients with MB confirmed by coronary angiography between January 2019 and July 2025. Demographic, clinical, angiographic, and electrocardiographic variables were collected (rhythm, rate, axis, T-wave morphology, ST-segment changes, U waves, and QTc). Descriptive statistics were applied.

**Results:** Fifty-five cases were analyzed; 65% were men, with a mean age of 59 years. Typical exertional angina was reported in 85% of patients. The most frequently involved artery was the left anterior descending artery (88%), predominantly in its mid-segment (82%). Electrocardiographically, negative T waves were documented in V1–V2 in 11% and in lead DII in 13% of patients. ST-segment depression from V3 to V6 occurred in 9%, and ST-segment elevation in DII, DIII, and aVF in 11%. U waves were present in 55%, and left anterior fascicular block in 15%. Based on these findings, an exploratory scoring model—the “Campos Criteria for Myocardial Bridging”—was proposed, integrating the most frequent ECG abnormalities observed in this cohort.

**Conclusion:** Patients with myocardial bridging commonly exhibit electrocardiographic abnormalities, particularly T-wave inversion, prominent U waves, and fascicular conduction disturbances. Although these findings are nonspecific, their recognition may raise clinical

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

suspicion of MB. The ECG demonstrated moderate sensitivity and low specificity, supporting its role as an adjunctive rather than definitive diagnostic tool. The proposed Campos Criteria represent an initial framework for ECG-based suspicion of MB and warrant validation in larger prospective studies.

**Keywords:** myocardial bridging, coronary angiography, electrocardiogram.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

## 1. INTRODUCCION.

El puente muscular miocárdico (PMM) es una anomalía coronaria congénita en la que un segmento de una arteria coronaria epicárdica discurre dentro del miocardio en lugar de hacerlo sobre su superficie.<sup>1</sup> Su prevalencia varía ampliamente según la modalidad diagnóstica utilizada, reportándose entre 40% y 80% en estudios de autopsia, 58% en angiografía coronaria por tomografía computarizada y entre 0.5% y 16% en angiografía coronaria invasiva.<sup>2-8</sup>

Históricamente se consideró una entidad benigna; sin embargo, evidencia más reciente ha demostrado que el PMM puede asociarse con angina crónica, isquemia dinámica, arritmias ventriculares y, en casos seleccionados, eventos cardiovasculares adversos mayores.<sup>3,4</sup> Este efecto se explica por la compresión sistólica del segmento tunelizado y por un retraso en la recuperación del diámetro luminal durante la diástole, fenómenos que pueden comprometer el flujo coronario especialmente en presencia de taquicardia o aumento del tono simpático.<sup>9-</sup>

11

El electrocardiograma (ECG) es una herramienta accesible, económica y ampliamente utilizada en la valoración inicial de pacientes con dolor torácico. Si bien no es específico para el diagnóstico de PMM, diversos estudios han documentado la presencia de alteraciones electrocardiográficas relacionadas con isquemia dinámica, como inversión de la onda T, depresión o elevación del segmento ST y trastornos de la conducción.<sup>15</sup>

Otros parámetros electrocardiográficos asociados, como la prolongación del intervalo Tp-e y las razones Tp-e/QT o Tp-e/QTc, han sido vinculados a un mayor riesgo de arritmias ventriculares en pacientes con PMM.<sup>16</sup> En algunos casos, el PMM puede incluso imitar patrones electrocardiográficos típicos del síndrome de Wellens, con ondas T profundamente invertidas o bifásicas en derivaciones precordiales derechas.<sup>17,18</sup>

A pesar de estos hallazgos, la literatura que describe de manera sistemática las características electrocardiográficas del PMM sigue siendo limitada, y en población mexicana prácticamente inexistente. En el Hospital Cardiológica Aguascalientes se han identificado

# TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

múltiples casos confirmados por coronariografía, lo que representa una oportunidad para caracterizar los patrones electrocardiográficos asociados a esta anomalía en nuestro medio.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo describir las características electrocardiográficas en individuos con PMM confirmado mediante coronariografía, con el propósito de aportar evidencia local que fortalezca el reconocimiento clínico de esta entidad.



## **2. MARCO TEORICO.**

### **2.1. MARCO HISTÓRICO.**

#### **El electrocardiograma en pacientes con puente muscular miocárdico.**

Los cambios electrocardiográficos no son específicos del PMM y no lo distinguen definitivamente de otras causas de isquemia miocárdica. Los pacientes con PMM pueden experimentar angina durante el ejercicio a pesar de la ausencia de cambios evidentes en el ECG. El PMM se confirma mediante técnicas de imagen como la angiografía coronaria y la tomografía computarizada cardíaca, que muestran claramente la extensión del puente.<sup>1,3</sup>

El electrocardiograma en reposo suele ser normal en pacientes con PMM, como ocurre con frecuencia en pacientes con angina estable, aunque algunos pacientes pueden presentar anomalías del segmento ST, especialmente en presencia de hipertrofia ventricular izquierda. Las pruebas de esfuerzo con ejercicio suelen mostrar signos inespecíficos de isquemia, alteraciones de la conducción o arritmias que impiden distinguir entre PMM y otras formas de isquemia. Cabe destacar que la angina aparece con mucha frecuencia durante la prueba de esfuerzo con ejercicio en pacientes con PMM, incluso en ausencia de cambios en el ECG.<sup>15</sup>

Los hallazgos electrocardiográficos en el PMM suelen ser inespecíficos, con valores normales o anomalías del segmento ST en un ECG en reposo, o signos inespecíficos de isquemia, alteraciones de la conducción y arritmias en una prueba de esfuerzo. En algunos casos, el PMM puede presentarse de forma atípica con hallazgos electrocardiográficos similares al síndrome de Wellens, caracterizado por ondas T bifásicas o profundamente invertidas en las derivaciones V2 y V3. La isquemia miocárdica puede ocurrir con el ejercicio, incluso sin cambios en el ECG.<sup>15,17</sup>

El intervalo Tp-e es la distancia entre el pico y el final de la onda T en electrocardiografía. Las relaciones Tp-e/QT y Tp-e/QTc se utilizan como indicadores electrocardiográficos de arritmias ventriculares. Un estudio demostró un aumento significativo del intervalo Tp-e y de las relaciones Tp-e/QT y Tp-e/QTc en pacientes con PMM con estenosis crítica detectada angiográficamente, aunque no se observó una relación significativa entre estos parámetros y

la longitud del puente. Estos hallazgos pueden indicar una relación entre el cambio en la repolarización ventricular y el PMM. Estos resultados también pueden contribuir a la explicación de los mecanismos fisiopatológicos de las arritmias ventriculares y el aumento de la prevalencia de muerte súbita cardíaca en pacientes con la anomalía.<sup>16</sup>

Se han reportado algunos casos de donde al puente muscular se presentó como síndrome de Wellens. Este es un síndrome generalmente observado en contextos de cardiopatía isquémica, el paciente presenta dolor anginoso, a menudo en reposo, sin que se evidencien niveles elevados de enzimas cardíacas que indiquen daño miocárdico. Se caracteriza por un patrón electrocardiográfico que consiste en inversión o bifasismo de la onda T, se observan ondas T profundas, simétricas e invertidas o bifásicas en las derivaciones precordiales derechas, específicamente en V2 y V3. En el Patrón tipo 1 (bifásico) se observan Ondas T bifásicas (con una parte positiva y otra negativa) en V2-V3. En el Patrón tipo 2 (invertido), hay Ondas T profundas y simétricas invertidas en V2-V3, que pueden extenderse a otras derivaciones precordiales. Además de los cambios en la onda T, en el síndrome de Wellens no hay una elevación significativa del segmento ST y No hay ondas Q patológicas, que indicarían un infarto previo.<sup>17,18</sup>

Los niños con miocardiopatía hipertrófica obstructiva y puentes miocárdicos pueden presentar una mayor dispersión del intervalo QTc y una mayor tasa de taquicardia ventricular monomórfica en un registro electrocardiográfico por Holter, en comparación con sujetos sin puentes miocárdicos.<sup>27,28</sup>

En resumen, los principales hallazgos son:<sup>(15-18)</sup>

- Normal o anomalías del segmento ST: un ECG en reposo suele ser normal o puede mostrar anomalías del segmento ST.
- Depresión del segmento ST: durante una prueba de esfuerzo, se puede observar una depresión del segmento ST ( $\geq 1$  mm) en un porcentaje significativo de pacientes con PMM.
- Cambios electrocardiográficos similares al síndrome de Wellens: en algunos casos, el PMM puede causar síntomas y cambios electrocardiográficos que imitan el síndrome de Wellens.

- Alteraciones de la conducción y arritmias: las pruebas de esfuerzo pueden revelar alteraciones de la conducción o arritmias.
- Arritmias ventriculares: el intervalo TP-e y las razones relacionadas (TP-e/QT, TP-e/QTc) se utilizan a veces como indicadores de un mayor riesgo de arritmia ventricular en pacientes con PMM.

## **2.2. MARCO CIENTÍFICO.**

### **2.2.1. Definición.**

La primera descripción del PMM en una autopsia data de 1732, época en la que se consideraba una anomalía cardiovascular benigna. El PMM es una anomalía coronaria congénita en la que un segmento de la arteria coronaria epicárdica atraviesa el miocardio a lo largo de una parte de su longitud. El músculo que recubre la arteria se denomina puente miocárdico, y el segmento intramiocárdico, arteria tunelizada. El PMM puede presentarse en cualquier arteria coronaria epicárdica, pero con mayor frecuencia se origina en la arteria descendente anterior izquierda (ADA).<sup>1,2</sup>

### **2.2.2. Epidemiología.**

La verdadera prevalencia del PMM no se conoce con precisión; sin embargo, es probable que el PMM esté presente en algún grado en aproximadamente 1 de cada 3 adultos. Las tasas de detección del PMM varían significativamente según la modalidad de imagen utilizada para identificar estas variantes coronarias. La prevalencia reportada está entre el 2% y el 6% con angiografía coronaria y entre el 19% y el 22% para angiografía coronaria por tomografía computada (ACTC). Los estudios de autopsia se consideran el estándar de oro en la identificación de esta anomalía, con una prevalencia que se acerca al 33%-42%.<sup>5-7</sup>

En cuanto a la localización anatómica, entre el 67 % y el 98 % se localizan en la ADA con mayor frecuencia en los segmentos proximal y medio. La circunfleja izquierda y la coronaria derecha se ven afectadas con menor frecuencia. Algunos estudios estiman una prevalencia aproximada del 1-5% para PMM asintomático.<sup>2,8</sup>

### **2.2.3. Fisiopatología.**

El PMM es una anomalía anatómica congénita que se caracteriza por un trayecto tunelizado de una arteria coronaria a través del miocardio. La profundidad y la longitud del segmento tunelizado desempeñan un papel fundamental al proporcionar el sustrato que, en algunos casos, origina síntomas isquémicos. La profundidad de la arteria tunelizada (1-2 mm superficial, >2 mm profunda) está relacionada con el grado de compresión sistólica y el trayecto de la arteria. La profundidad del trayecto intramiocárdico también tiene implicaciones para el tratamiento, especialmente al considerar la intervención quirúrgica. La longitud del segmento tunelizado es importante no solo por su relación con la extensión de la arteria afectada, sino también con el número de ramas afectadas. Esto adquiere importancia clínica cuando la ADA se encuentra involucrada, particularmente en segmentos que incluyen ramas diagonales o septales.<sup>1,3</sup>

A diferencia de la placa aterosclerótica clásica, que produce una estenosis fija, el PMM produce una compresión dinámica que varía según el ciclo cardíaco, la frecuencia cardíaca y el tono simpático. Aunque tradicionalmente se ha considerado un fenómeno predominantemente sistólico, estudios de ecografía intravascular (IVUS) han demostrado que la compresión vascular en sístole se acompaña de un retardo en la recuperación del diámetro luminal durante la diástole. Esto puede deberse a un espasmo arterial localizado causado por la contracción del puente miocárdico. Este retraso impide el llenado diastólico temprano rápido, de forma más significativa en el subendocardio, que es más propenso a la isquemia. El fenómeno se acentúa drásticamente en presencia de un tono simpático elevado que incrementa la frecuencia cardíaca y, por lo tanto, disminuye el tiempo de perfusión diastólica. Además, el aumento de la fuerza de contracción a través del PMM retraza la relajación más allá de la sístole hacia la fase diastólica temprana, lo que deteriora aún más el flujo.<sup>9-11,22</sup>

Finalmente, el aumento del tono simpático también potencia la vasoconstricción coronaria. En este contexto, el retraso inducido por el PMM en el flujo coronario diastólico temprano limita la respuesta hiperémica al estrés, lo que agrava el desajuste entre la oferta y la demanda de oxígeno miocárdico.<sup>3,10</sup>

Por otro lado, también se ha demostrado enfermedad obstructiva aterosclerótica en pacientes con puente miocárdico. Los modelos dinámicos de flujo han mostrado una dinámica de flujo anormal y una baja tensión de cizallamiento de la pared, fuerza tangencial ejercida por el flujo sanguíneo sobre la pared del vaso, inmediatamente proximal al segmento arterial puenteado, en comparación con una alta tensión de cizallamiento de la pared dentro del propio segmento puenteado. La baja tensión de cizallamiento de la pared induce la liberación de metaloproteinasas de la matriz y agentes vasoconstrictores, como la endotelina y la enzima convertidora de angiotensina, lo que contribuye al desarrollo de aterosclerosis en este segmento proximal, mientras que una alta tensión de cizallamiento dentro del segmento tunelizado puede proteger contra el desarrollo de placa. Se ha demostrado que las placas que residen en áreas de baja tensión de cizallamiento de la pared progresan con el tiempo y, por lo tanto, eventualmente conducen a una enfermedad arterial coronaria (EAC) obstructiva proximal al puente muscular miocárdico.<sup>9,14</sup>

#### **2.2.4. Manifestaciones clínicas.**

Esta anomalía es con mayor frecuencia un hallazgo incidental, ya que la mayoría de los pacientes son asintomáticos y suelen considerarse variantes anatómicas normales. En la minoría de los casos sintomáticos, pueden presentarse manifestaciones compatibles con un síndrome coronario agudo (SCA), como angina estable reproducible, angina inestable, trastornos de la conducción auriculoventricular, síndrome de Takotsubo y, en raras ocasiones, muerte súbita.<sup>1,3,4</sup>

Algunos estudios han demostrado que los pacientes con PMM y síntomas similares a los de un SCA eran más jóvenes, presentaban una mayor carga de consumo de tabaco y menores factores de riesgo cardiovascular tradicionales. El diagnóstico puede realizarse intraoperatoriamente, durante un cateterismo cardíaco, en una ACTC o una autopsia.<sup>2,7,8</sup>

#### **2.2.5. Métodos de diagnóstico.**

Se han empleado múltiples técnicas invasivas y no invasivas para diagnosticar el PMM. Sin embargo, no existe un método de referencia específico y la precisión diagnóstica de cada método varía. Los hallazgos anatómicos y fisiológicos fundamentales en el PMM son la presencia de arterias coronarias epicárdicas que discurren hacia el miocardio, como se explicó anteriormente, y los efectos de la contractilidad miocárdica en las arterias coronarias

tunelizadas durante la sístole y la diástole, que se exploran mediante cada una de estas modalidades diagnósticas.<sup>1,3</sup>

### **No Invasivas.**

Las modalidades no invasivas incluyen la ACTC, la reserva fraccional de flujo (RFF) por tomografía computarizada; la ecocardiografía transtorácica de estrés (ETTe); y la imagen de perfusión miocárdica de estrés (IPMe).<sup>1,3</sup>

La ACTC, cada vez más utilizada para investigar los síndromes de dolor torácico, permite visualizar tanto la luz de la arteria coronaria como el miocardio circundante en el PMM. La ACTC también es útil para clasificar el puente como normal (epicárdico), superficial o profundo. La ACTC también permite obtener la RFF mediante mecánica de fluidos computacional. Sin embargo, esta modalidad requiere mayor validación mediante investigación y presenta limitaciones frente a la angiografía coronaria y la RFF invasiva.<sup>6,24</sup>

La IPMe se realiza con frecuencia para estudiar síndromes de dolor torácico, así como para evaluar la isquemia relacionada con el PMM. La IPMe se puede realizar utilizando diversas técnicas de imagen, como la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT), la tomografía por emisión de positrones (PET) o la imagen por resonancia magnética (IRM), así como varios protocolos de estrés (ejercicio, dobutamina, adenosina, regadenosón, dipiridamol). Sin embargo, el uso rutinario de la IPMe se ha visto limitado por la heterogeneidad de los enfoques, así como por la menor resolución espacial para los defectos subendocárdicos.<sup>19,20</sup>

La ETTe es una evaluación indirecta que se utiliza para visualizar los cambios hipocinéticos reversibles del movimiento parietal asociados con la hipoperfusión. La región de perfusión mejor estudiada fue la distribución de la ADA, y un patrón específico de cerclaje septal con conservación apical que se correlaciona fuertemente con el PMM.<sup>21</sup>

### **Invasivas.**

Las modalidades invasivas incluyen la angiografía coronaria con determinación de la RFF, el Doppler intracoronario, la angiografía coronaria con índice diastólico instantáneo libre de ondas (iFR), el IVUS y la tomografía de coherencia óptica (OCT). Estas técnicas se realizan

en laboratorios de cateterismo cardíaco y se emplean para una evaluación detallada de la anatomía y la fisiología de las arterias coronarias tunelizadas en pacientes con PMM.<sup>1,3,25</sup>

En una angiografía coronaria, el efecto de ordeño de las contracciones miocárdicas produce una apariencia de escalonamiento ascendente y descendente, lo que ayuda a delimitar el segmento afectado de la arteria coronaria. Un hallazgo positivo es cuando el diámetro intraluminal se reduce en un 70% o más durante la sístole y se reduce persistentemente en un 35% o más durante la diástole. Una preinyección de vasodilatadores como la nitroglicerina en la arteria coronaria puede mejorar significativamente la sensibilidad diagnóstica.<sup>13,25</sup>

El IVUS consiste en la introducción de un transductor ultrasónico a través de la guía de angiografía, lo que permite obtener una visualización anatómica tridimensional del tamaño y la morfología de los vasos coronarios tunelizados. Esta técnica muestra una ecolucidez en forma de semiluna, característica del PMM, correspondiente a la banda de miocardio que recubre el vaso coronario. Sin embargo, el IVUS no proporciona información funcional sobre el flujo coronario.<sup>22</sup>

La OCT se basa en un principio similar al de la ultrasonografía, pero utiliza impulsos de luz infrarroja en lugar de ondas sonoras para generar imágenes mediante la detección de la luz reflejada en los tejidos. Ofrece una resolución aproximadamente diez veces superior a la del IVUS, lo que permite una caracterización más precisa de la pared arterial y la identificación de placas vulnerables. No obstante, al igual que el IVUS, la OCT no permite evaluar de forma directa los cambios en el flujo coronario.<sup>23</sup>

La RFF es una técnica que mide el gradiente de flujo proximal y distal a una obstrucción fija durante el flujo máximo (hiperémico), que generalmente se alcanza con la administración de adenosina. Es el estándar de oro para evaluar obstrucciones fijas como la placa aterosclerótica, pero es limitada en obstrucciones dinámicas como el PMM. La RFF ideal es 1,0; una prueba positiva será una RFF  $\geq 80\%$ .<sup>25</sup>

El iFR se basa en los mismos principios fisiológicos que la RFF, aunque su medición se limita al periodo diastólico, evitando la necesidad de inducir hiperemia. En comparación con

la RFF, el iFR muestra una mayor sensibilidad para la detección de puentes musculares miocárdicos obstructivos. Se considera un resultado positivo un valor  $\leq 0.89$ .<sup>25</sup>

#### **2.2.6. Tratamiento.**

En pacientes sin síntomas clínicos, el enfoque terapéutico debe centrarse en la modificación de los factores de riesgo, incluyendo el tratamiento adecuado de la EAC concomitante y el alivio de los posibles desencadenantes como la taquicardia y el aumento del tono simpático.<sup>1</sup>

En pacientes que presentan síntomas clínicos, evidencia objetiva de isquemia o alteraciones hemodinámicas intracoronarias (evaluadas mediante el iFR o la reserva fraccional de flujo derivada de dobutamina [dFFR] como modalidades preferidas), se recomienda iniciar tratamiento farmacológico, comenzando con betabloqueadores o bloqueadores de los canales de calcio. Los vasodilatadores, como los nitratos, generalmente deben evitarse, excepto en casos excepcionales asociados con vasoespasmo coronario significativo.<sup>1</sup>

Si los síntomas persisten a pesar del tratamiento médico máximo tolerado, se debe considerar una opción intervencionista. Para la mayoría de los pacientes, sugerimos la intervención coronaria percutánea (ICP) como estrategia intervencionista inicial. Se debe considerar la obtención de imágenes no invasivas con ACTC antes de la revascularización para evaluar la longitud, la profundidad y las características anatómicas del stent. La ICP ofrece una opción menos invasiva y eficaz para el alivio de los síntomas y la mejora de la hemodinámica intracoronaria.<sup>12,24</sup>

Los factores específicos que favorecen el uso de la ICP con implante de stent incluyen una longitud de lesión corta y una profundidad superficial del segmento tunelizado ( $<2$  mm). En cambio, los segmentos profundos o extensos, especialmente aquellos que no pueden abordarse con un solo stent, deben motivar la consideración de una revascularización quirúrgica.<sup>26</sup>

#### **2.3. MARCO CONCEPTUAL.**

Para una adecuada interpretación de los resultados del presente estudio, es necesario definir los conceptos fundamentales que sustentan el análisis anatómico, fisiopatológico y

electrocardiográfico del PMM. A continuación, se describen los términos relevantes que permiten comprender el fenómeno estudiado y su correlación con los hallazgos electrocardiográficos.

**Puente muscular miocárdico:** se define como una anomalía coronaria congénita en la que un segmento de una arteria coronaria epicárdica (habitualmente la arteria descendente anterior izquierda) discurre dentro del espesor del miocardio, generando una compresión dinámica del vaso durante la sístole y, en algunos casos, con repercusión hemodinámica y clínica variable según la profundidad y longitud del trayecto tunelizado.

**Arteria descendente anterior:** rama principal de la arteria coronaria izquierda que irriga la pared anterior del ventrículo izquierdo, el tabique interventricular y el ápex. Es la arteria más frecuentemente afectada por el PMM, en especial en su segmento medio.

**Compresión sistólica y diastólica:** fenómeno hemodinámico característico del PMM. Durante la sístole, la contracción miocárdica comprime el segmento arterial tunelizado, mientras que en la diástole puede persistir un retraso en la recuperación del flujo, lo que produce un patrón de isquemia dinámica.

**Isquemia miocárdica dinámica:** reducción transitoria del flujo coronario causada por la compresión mecánica del segmento tunelizado, en ausencia de una obstrucción aterosclerótica fija. Puede manifestarse como angina de esfuerzo o como alteraciones electrocardiográficas del segmento ST y la onda T (Gao et al., *Int J Cardiol*, 2013).

**Electrocardiograma:** registro gráfico de la actividad eléctrica cardíaca obtenido por medio de electrodos cutáneos. En el contexto del PMM, puede mostrar hallazgos como inversión de la onda T, infradesnivel o supradesnivel del segmento ST, presencia de ondas U y trastornos de la conducción fascicular. Si bien carece de especificidad diagnóstica, el ECG puede orientar la sospecha clínica.

**Onda T:** deflexión que representa la repolarización ventricular. Su inversión o bifasismo en derivaciones precordiales (V1–V4) se ha asociado a isquemia inducida por el PMM, semejante a los patrones descritos en el síndrome de Wellens.

**Segmento ST:** porción isoeléctrica del trazado que conecta el complejo QRS con la onda T. La depresión o elevación del ST puede indicar isquemia subendocárdica o subepicárdica respectivamente, fenómenos que se observan ocasionalmente en pacientes con PMM durante el esfuerzo o el estrés farmacológico.

**Onda U:** deflexión pequeña que sigue a la onda T, relacionada con la repolarización tardía del miocardio. Su incremento de amplitud o presencia prominente se ha descrito con mayor frecuencia en individuos con PMM, posiblemente vinculada a alteraciones de la relajación ventricular.

**Hemibloqueo fascicular:** trastorno de la conducción intraventricular que afecta a uno de los fascículos del haz de His. En pacientes con PMM, la presencia de hemibloqueo anterior izquierdo se ha reportado con cierta frecuencia, aunque sin valor diagnóstico específico.

**Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico:** modelo exploratorio propuesto en el presente estudio, derivado del análisis estadístico de los hallazgos electrocardiográficos más frecuentes observados en esta serie: inversión de la onda T, presencia de ondas U y hemibloqueo fascicular. Este sistema busca establecer una herramienta diagnóstica orientadora para la sospecha clínica de PMM en pacientes con coronarias sin lesiones obstructivas.

En conjunto, estos conceptos definen los fundamentos anatómicos, fisiológicos y electrocardiográficos que sustentan el análisis de los hallazgos del presente estudio, proporcionando coherencia terminológica y facilitando la interpretación de los resultados en el contexto clínico de la cardiología moderna.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El PMM es una anomalía congénita de las arterias coronarias en la cual un segmento de una arteria coronaria epicárdica, generalmente la ADA, transcurre intramiocárdicamente a lo largo de una porción de su trayecto. Aunque durante décadas se consideró una variante anatómica benigna, en los últimos años ha cobrado relevancia clínica debido a su asociación con síntomas anginosos, isquemia miocárdica, arritmias y, en algunos casos, muerte súbita cardíaca.

El impacto hemodinámico del PMM depende de factores como la profundidad, longitud y orientación del segmento tunelizado, así como del tono simpático y la frecuencia cardíaca. Estos determinan el grado de compresión sistólica y retraso en la relajación diastólica, alterando el flujo coronario. Dichas alteraciones pueden manifestarse en el ECG como cambios inespecíficos del segmento ST, inversión de la onda T o alteraciones de la conducción eléctrica, aunque en muchos casos el trazado puede permanecer dentro de los límites normales. Si bien, este método, no es específico para el diagnóstico de PMM, es necesario caracterizar formal y estadísticamente los hallazgos de este método en pacientes con PMM ya confirmado y de esta manera tener conocimiento sólido que nos permita darle el valor justo al ECG en el contexto clínico que nos indique la sospecha de PMM.

En el contexto clínico cotidiano, el ECG representa una herramienta diagnóstica de bajo costo, amplia disponibilidad y gran valor en la evaluación inicial de los pacientes con dolor torácico o sospecha de enfermedad coronaria. Sin embargo, la utilidad del ECG para detectar o sugerir la presencia de un puente muscular miocárdico sigue siendo incierta y poco documentada, particularmente en nuestro medio. La mayor parte de la información disponible proviene de estudios internacionales con poblaciones heterogéneas, por lo que existe una necesidad evidente de caracterizar los hallazgos electrocardiográficos asociados al PMM en la población mexicana, donde los patrones clínicos y epidemiológicos pueden diferir.

En el Hospital Cardiológica Aguascalientes se han identificado numerosos pacientes con diagnóstico confirmado de PMM mediante coronariografía, lo cual representa una

oportunidad única para analizar sistemáticamente los hallazgos electrocardiográficos y correlacionarlos con las características clínicas y angiográficas.

La ausencia de estudios locales limita la capacidad de los clínicos para reconocer esta entidad a partir de signos electrocardiográficos potencialmente orientadores, lo que puede conducir al subdiagnóstico o a la interpretación errónea de síntomas isquémicos. Por ello, se requiere de una descripción estructurada que permita establecer un perfil electrocardiográfico característico y, con ello, mejorar el razonamiento clínico y la toma de decisiones diagnósticas en pacientes con sospecha de puente muscular miocárdico.

En consecuencia, surge la necesidad de realizar el presente estudio, cuyo propósito es describir las características electrocardiográficas de individuos con PMM confirmado por coronariografía, contribuyendo al conocimiento clínico y académico sobre esta entidad en nuestro contexto hospitalario y nacional.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

¿Cuáles son las características electrocardiográficas en individuos con puente muscular miocárdico confirmado por coronariografía en el Hospital Cardiológica Aguascalientes?



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

## **5. JUSTIFICACIÓN.**

El abordaje de este tema se justifica dada su magnitud e importancia. El PMM es una anomalía coronaria congénita que se define como un trayecto intramiocárdico anormal de un segmento de una arteria coronaria principal. En series de autopsias, se reportó una prevalencia del PMM detectado angiográficamente de entre el 0.5% y el 16%.<sup>5</sup>

La importancia de su detección radica en que, aunque se pensaba que era un lesión asintomática y benigna, se ha documentado que puede causar afecciones clínicas graves, como isquemia miocárdica, infarto agudo de miocardio, síncope, taquicardia ventricular inducida por el ejercicio y bloqueo auriculoventricular, insuficiencia ventricular izquierda aguda y muerte súbita. El PMM representa un desafío diagnóstico y terapéutico sobre todo en un subgrupo de pacientes sintomáticos.

Este estudio también tiene utilidad práctica, ya que pretende caracterizar el electrocardiograma de estos pacientes. Los estudios descriptivos como este, que abastecen y actualizan a bancos de información sobre las características clínicas, epidemiológicas y detección de esta patología, son la base para mejorar el diagnóstico y tratamiento precoz. Por eso, la información que derive de esta investigación nos sirve para aumentar el conocimiento sobre la presentación de la enfermedad en un estudio básico como es el ECG y por lo tanto mejor la probabilidad de un diagnóstico correcto y tratamiento adecuado. En última instancia esta información también repercute positivamente en el desempeño de las instituciones y en las políticas y recursos que se destinan para su atención.

En México son pocos los artículos científicos publicados las características electrocardiográficas que presentan los individuos portadores de PMM y la mayoría de los centros que atienden esta enfermedad carecen de investigaciones al respecto.

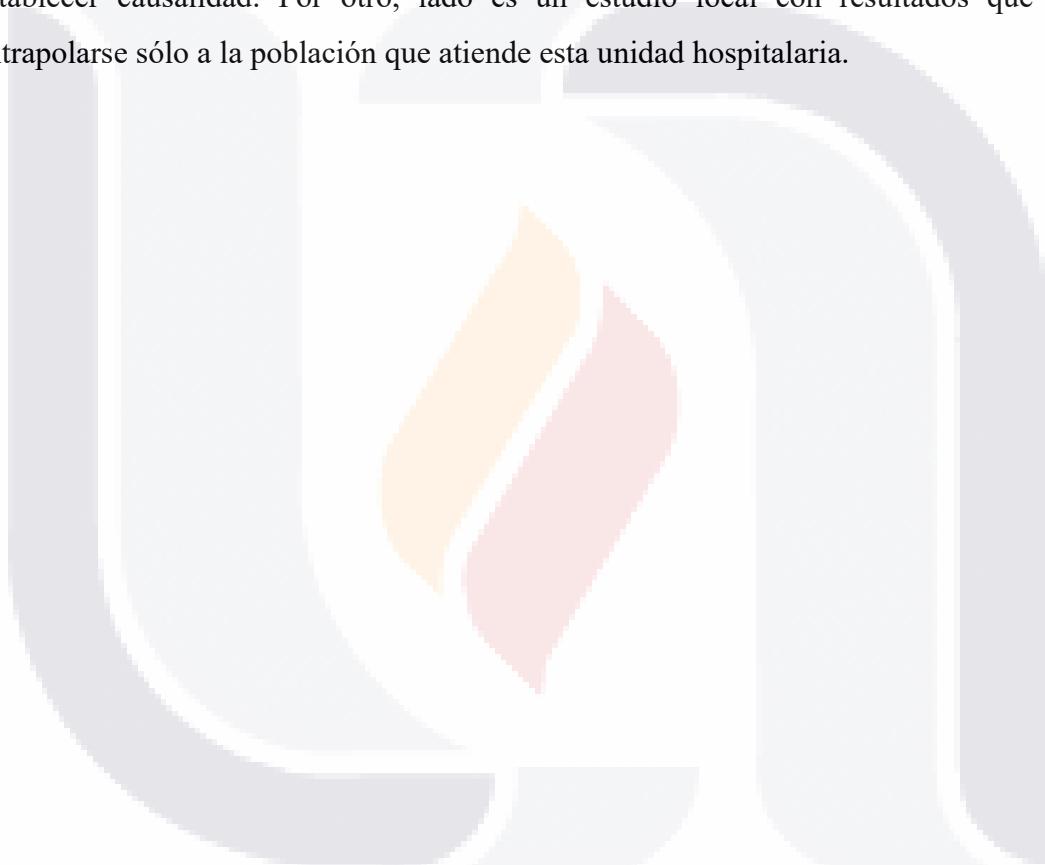
### **Viabilidad.**

Este trabajo es viable ya que en el servicio de cardiología de esta unidad se cuenta con un número considerable de pacientes que requieren este método diagnóstico como apoyo

clínico, y además se cuenta con los recursos, equipo, estructura y personal capacitado que pueda llevar a cabo la investigación.

## **Evaluación de las deficiencias.**

Esta investigación podría encontrar deficiencias en el número reducido de pacientes que se estudian, en el hecho de ser una investigación descriptiva con la limitante de no asociar variables (rendimiento diagnóstico y pronóstico), al ser un diseño transversal no puede establecer causalidad. Por otro, lado es un estudio local con resultados que pueden extrapolarse sólo a la población que atiende esta unidad hospitalaria.



## 6. OBJETIVOS.

### 6.1. Objetivo primario.

Describir las características electrocardiográficas en individuos con puente muscular miocárdico confirmado por coronariografía en el hospital Cardiológica Aguascalientes.

### 6.2. Objetivos secundarios.

- Identificar las características demográficas de los pacientes con PMM.
- Identificar las características clínicas de los pacientes con PMM.
- Relacionar las variables clínicas con los hallazgos electrocardiográficos en los pacientes de la muestra.
- Desarrollar un modelo exploratorio de puntuación electrocardiográfica basado en las variables con mayor valor predictivo u odds ratio, proponiendo los “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico (CC-PMM)” como herramienta inicial para estimar la probabilidad de esta anomalía a partir del electrocardiograma.

## **7. HIPÓTESIS.**

En estudios descriptivos dado que no hay comparación de variables, no se hacen inferencias y ni se busca causalidad, no existe hipótesis. Sin embargo, solo como referencia, pudríamos hipotetizar lo siguiente:

Las características electrocardiográficas en individuos con puente muscular miocárdico confirmado por coronariografía en el Hospital Cardiológica Aguascalientes son similares a las reportadas en estudios previos.

## **8. MATERIAL Y MÉTODOS.**

### **8.1. Tipo de estudio.**

- Investigación aplicada.
- Enfoque cuantitativo.
- Nivel de alcance descriptivo.

### **8.2. Diseño metodológico.**

- Por su metodología: No experimental.
- Por la forma de recabar datos: retrolectivo.
- Por el número de mediciones: transversal.
- Por el tiempo en que se hará el estudio: Retrospectivo.

### **8.3. Criterios de selección:**

Expedientes de individuos adultos mayores de 18 años con diagnóstico de PMM confirmado por angiografía coronaria atendidos desde enero del 2019 hasta julio del 2025 en el hospital Cardiológica Aguascalientes.

### **8.4. Procedimiento de estudio.**

Una vez aprobado el protocolo, se solicitará al servicio de archivo el acceso para recabar los expedientes clínicos físicos y electrónicos de pacientes que hayan sido diagnosticados con PMM en la unidad desde enero del 2019 hasta julio del 2025.

Mediante un muestreo consecutivo en orden cronológico se registrarán los datos de pacientes mayores de 18 años, ambos sexos, que hayan sido diagnosticados con PMM mediante coronariografía, excluyendo aquellos expedientes incompletos, ilegibles o duplicados.

Se utilizará un instrumento de recolección de datos en donde se registrarán las variables: sexo, edad, angina, arteria afectada, localización del PMM y todos los datos electrocardiográficos (ritmo, frecuencia, eje, onda T, segmento ST, onda U y segmento QTc). Posteriormente se capturarán los datos en una hoja de cálculo de Excel para su análisis estadístico.

Al obtener resultados se concluirá la elaboración de la tesis correspondiente.

### 8.5. Universo y población de estudio.

Sujetos de investigación atendidos desde enero del 2019 hasta julio del 2025 en el Hospital Cardiológica Aguascalientes, en Aguascalientes, Ags. México.

Población: pacientes mayores de 18 años, ambos sexos, que hayan sido diagnosticados con PMM mediante coronariografía, excluyendo aquellos expedientes incompletos, ilegibles o duplicados.

Elaboración del proyecto de julio a octubre de 2025. Instalaciones del Hospital Cardiológica Aguascalientes.

### 8.6. Muestreo y tamaño de muestra.

Dado que la prevalencia de esta anomalía anatómica se reporta entre el 2 y el 6% con angiografía coronaria<sup>2</sup> (ajustamos a un valor de 3.5%) y aplicando el cálculo para la muestra en estudios de prevalencia, con un margen de error máximo de 5% y un nivel de confianza 95%.

Entonces:

$$n = Z_{\alpha/2}^2 * p * (1-p) / E^2 = (1.96)^2 * 0.035 * 0.965 / (0.05)^2 = 0.1297 / 0.0025 = 52$$

donde:

n=muestra

$Z_{\alpha/2}$ = valor Z del nivel de confianza al 95% = 1.96

p=probabilidad esperada (prevalencia) = 3.5% = 0.035

E= margen error = 5% = 0.05

#### Muestreo:

Muestreo consecutivo por conveniencia (no probabilístico). Seleccionando expedientes que cumplan los criterios de selección de manera consecutiva en orden cronológico hasta reunir la muestra total.

## 8.7. Definición de Variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensión	Indicador
Edad	Tiempo que ha vivido una persona	Tiempo que ha vivido el paciente desde su nacimiento hasta el momento del estudio	Cuantitativa continua	Años
Sexo	Características biológicas y orgánicas que diferencian a hombres y mujeres	Características biológicas y orgánicas que define al paciente como hombre o mujer	Cualitativa dicotómica	Hombre Mujer
Angina	Dolor precordial tipo opresivo de origen isquémico miocárdico	Dolor precordial opresivo característico de la isquemia miocárdica	Cualitativa dicotómica	Típica Atípica
Arteria involucrada	Vaso coronario afectado por la anomalía de puente miocárdico muscular	Vaso coronario afectado por la anomalía de puente miocárdico muscular identificado en coronariografía	Cualitativa categórica	Descendente anterior Coronaria derecha Circunfleja
Localización	Segmento arterial involucrado en la anomalía de puente miocárdico	Segmento arterial involucrado en la anomalía de puente miocárdico identificado en coronariografía	Cualitativa categórica	Segmento Medio Proximal Distal
ECG				
Ritmo	Sucesión regular de sístoles y diástoles de la musculatura del corazón	Sucesión regular de sístoles y diástoles de la musculatura del corazón que puede definirse como sinusal o no	Cualitativa dicotómica	Sinusal Otro
Frecuencia	Número de veces que se contrae el corazón en un minuto	Número de latidos cardíacos en un minuto	Cuantitativa discreta	lpm
Eje eléctrico	Dirección promedio de la actividad eléctrica (despolarización) del corazón,	Dirección del vector (suma de vectores) de despolarización cardiaca	Cuantitativa discreta	grados
Onda T	Onda que representa la repolarización o recuperación de los ventrículos del corazón después de su contracción	Para fines de estudio se hace énfasis en la dirección de la onda con respecto a la isoeléctrica	Cualitativa dicotómica	Acuminada Invertida
Segmento ST	Trazo que representa la fase de recuperación eléctrica de los ventrículos del	Para fines del estudio se hace énfasis en el desnivel con respecto a la isoeléctrica	Cualitativa dicotómica	Desnivel + Desnivel -

	corazón, situándose entre el complejo QRS y la onda T			
Onda U	Pequeña onda presente en el electrocardiograma que aparece después de la onda T y antes de la siguiente onda P, representando la repolarización ventricular tardía	Onda electrocardiográfica que representa la repolarización ventricular tardía	Cualitativa dicotómica	Presente Ausente
QTc	Duración corregida por frecuencia del intervalo QT en un electrocardiograma, que representa la duración de la repolarización de los ventrículos cardíacos	Duración corregida por frecuencia del intervalo QT en un electrocardiograma, que representa la duración de la repolarización de los ventrículos cardíacos	Cuantitativa discreta	ms

### 8.8. Captura de datos.

Para el presente estudio el investigador y asesores, diseñarán una herramienta de recolección de información, el cual es un documento elaborado en consenso a juicio de expertos. Los asesores se encargarán de capacitar al investigador principal para recabar los datos de manera correcta y confiable y evaluarán periódicamente los datos recolectados para asegurar la calidad de estos.

La hoja de recolección de datos incluirá las variables del estudio: sexo, edad, angina, arteria afectada, localización del PMM y todos los datos electrocardiográficos (ritmo, frecuencia, eje, onda T, segmento ST, onda U y segmento QTc).

La confidencialidad se asegurará y se mantendrá durante todo el estudio. Los nombres de los participantes no serán capturados en las hojas de recolección de datos. Además, la información recabada será resguardada por el investigador, durante el tiempo en que se realice la investigación siendo el grupo de investigadores las únicas personas con acceso a dicha información.

### 8.9. Cronograma de actividades.

El cronograma del estudio se presenta en el *Anexo A*.

## **9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Dada la naturaleza del estudio utilizaremos principalmente estadística descriptiva para caracterizar clínicamente a los pacientes y para reportar la prevalencia de los diagnósticos postquirúrgicos. El análisis estadístico se conformará con el reporte de frecuencias y porcentajes para las variables nominales y el reporte de las medias o medianas para las variables numéricas según el tipo de distribución de cada una. Las medidas de dispersión utilizadas serán la desviación estándar para las variables paramétricas y el percentil 25-75 para las no paramétricas. Estos datos serán presentados en tablas. Se utilizarán gráficas circulares para representar las frecuencias de variables categóricas y gráficas de caja para presentar las medidas de tendencia central y dispersión de las variables de numéricas.

Posteriormente y con el propósito de resolver algunos objetivos secundarios se realizará la estadística analítica (inferencial), buscando si las variables clínicas como sexo, tipo de angina, datos del ECG se asocian con la ubicación y arteria afectada, para lo cual se compararán las variables entre las diferentes ubicaciones y arterias. Dicho contraste se realizará con Chi<sup>2</sup> o prueba exacta de Fisher cuando se trate de variables cualitativas, y con ANOVA o Wilcoxon cuando se trate de variables cuantitativas según su distribución. Para realizar el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico STATA 17.0.

### **Plan de análisis estadístico.**

Se realizó primero la estadística descriptiva de la muestra total de pacientes con PMM. Se reportó la frecuencia y la proporción de todas las variables cualitativas (sexo, síntomas, arteria involucrada, localización y principales hallazgos electrocardiográficos). Para las variables cuantitativas se reportaron las medidas de tendencia central y dispersión, la cuales fueron media y desviación estándar en el caso de variables de distribución paramétricas, o bien la mediana y el rango intercuartil 25-75 para las variables de distribución no paramétrica. La distribución de dichas variables se evaluó con la prueba Kolmogorov Smirnov. Los datos se resumieron en gráficos circulares para las frecuencias y en gráficos de caja para las medidas de tendencia central.

Posteriormente, con la finalidad de analizar si ciertos factores clínicos se asocian con las principales alteraciones electrocardiográficas, se realizó un análisis de grupos, comparando las variables clínicas entre pacientes con y sin isquemia electrocardiográfica (alteraciones de la T), con y sin lesión miocárdica (desnivel del ST); así como, pacientes con y sin alteraciones de la conducción eléctrica; las variables cualitativas se compararon con la prueba de Chi<sup>2</sup> y las variables cuantitativas se compararon con la prueba t de student o U de Mann Whitney. Los datos se analizaron con el paquete STATA, versión 17.0



## **10. CONSIDERACIONES ÉTICAS.**

El presente estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki para la investigación en seres humanos y conforme al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, particularmente en lo referente a la clasificación de estudios sin riesgo o de riesgo mínimo.<sup>30,31</sup>

Dado que se trata de un estudio observacional, retrospectivo y basado en la revisión de expedientes clínicos previamente existentes, no se realizó intervención directa alguna sobre los pacientes. Por lo tanto, se clasificó como investigación sin riesgo. La información fue obtenida exclusivamente con fines académicos y científicos, manteniendo en todo momento la confidencialidad de los datos personales, de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares.<sup>32</sup>

Todos los expedientes fueron codificados y anonimizados con el fin de evitar la identificación de los sujetos participantes. El protocolo fue revisado y aprobado por el Comité Local de Ética e Investigación del Hospital Cardiológica Aguascalientes.

## 11. RECURSOS DEL ESTUDIO.

Humanos: investigador principal, tutor de la investigación, asesores, estadista.

Materiales: se requerirá de hojas blancas tamaño carta e impresiones, material de papelería en general (bolígrafos, carpetas, engrapadora y folders) los cuales serán costeados por los investigadores. El equipo de cómputo y software estadístico utilizado también será propio de los investigadores.

Físicos: oficinas, áreas de archivo y biblioteca de la unidad hospitalaria.

Económicos: el hospital cuenta con los recursos necesarios para la realización de este protocolo de investigación, sin necesidad de un presupuesto adicional.

## **12. ASPECTOS DE SEGURIDAD.**

El presente estudio se considera de riesgo mínimo, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, ya que se basa en la revisión retrospectiva de expedientes clínicos y registros electrocardiográficos previamente obtenidos como parte de la atención médica habitual, sin intervención directa ni modificación alguna en el manejo de los pacientes.

Los datos fueron tratados de manera confidencial, resguardando la identidad de los participantes mediante la codificación y anonimato de la información, en apego a los principios de la Declaración de Helsinki y a las normas éticas institucionales del Hospital Cardiológica Aguascalientes.

El manejo de la base de datos se realizó en un entorno seguro, con acceso restringido al investigador responsable y bajo supervisión del comité de ética correspondiente. No se emplearon procedimientos invasivos, farmacológicos ni se modificó la terapéutica indicada por el médico tratante.

Por lo tanto, la realización de este estudio no representó riesgo alguno para la integridad física, psicológica o moral de los pacientes, garantizando la seguridad, privacidad y confidencialidad en todo momento.

## 13. PLAN DE UTILIZACION DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en este estudio serán utilizados con fines académicos, científicos y de mejora clínica dentro del Hospital Cardiológica Aguascalientes. La información derivada permitirá fortalecer el conocimiento sobre los hallazgos electrocardiográficos asociados al puente muscular miocárdico, contribuyendo a un mejor reconocimiento de esta entidad en la práctica clínica y favoreciendo la correlación entre los estudios no invasivos y los hallazgos angiográficos.

Asimismo, los resultados se emplearán para retroalimentar las sesiones académicas del servicio de Cardiología y se proyecta su difusión en congresos nacionales e internacionales, así como en revistas científicas especializadas, con el objetivo de fomentar la investigación clínica local y promover el desarrollo de herramientas diagnósticas propias, como los “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico”.

En ningún caso los resultados se utilizarán con fines comerciales ni se divulgará información que permita la identificación de los pacientes incluidos en el estudio.

#### **14. CONFLICTO DE INTERESES.**

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses relacionado con la realización de este estudio.

No existen vínculos financieros, personales, académicos o institucionales que pudieran influir en la interpretación de los resultados o en las conclusiones del presente trabajo.

El estudio se llevó a cabo de manera independiente, sin financiamiento externo ni patrocinio de instituciones públicas o privadas, y todos los datos analizados fueron obtenidos del archivo clínico institucional, resguardando en todo momento la confidencialidad de los pacientes.

## **15. PRODUCTOS ESPERADOS.**

Como resultado de la presente investigación se espera generar conocimiento clínico aplicable sobre las características electrocardiográficas asociadas al PMM en pacientes evaluados en el Hospital Cardiológica Aguascalientes.

Los resultados serán utilizados con fines académicos y de publicación científica en una revista nacional o internacional indexada en el área de cardiología o electrofisiología, fomentando la investigación y la docencia en cardiología dentro del Hospital Cardiológica Aguascalientes.

Se espera establecer los CC-PMM como una herramienta diagnóstica exploratoria, derivada del análisis de los hallazgos electrocardiográficos de la muestra.

## 16. RESULTADOS.

Se estudiaron un total de 55 casos con diagnóstico confirmado de PMM por angiografía coronaria. De esta muestra 65% eran hombres y 35% mujeres. El promedio de edad fue de 59 años. La mayoría de los pacientes (85%) se presentaron con angina típica de esfuerzo. La arteria involucrada más frecuentemente fue la ADA en 88% de los pacientes. La localización más frecuente de la lesión fue el segmento medio en 82%. (Tabla 1).

**Tabla 1: Características clínicas y angiográficas de la muestra de pacientes con PMM.**

Característica (n=55)	Frecuencia	%
<b>Sexo</b>		
Mujeres	19	35
Hombres	36	65
<b>Grupo de edad (años)</b>		
<60	32	58
60 y más	23	42
<b>Síntomas</b>		
Angina típica de esfuerzo	47	85
Angina atípica	8	15
<b>Arteria involucrada</b>		
Descendente anterior	48	88
Coronaria derecha	3	5
Circunfleja	1	2
Primera diagonal	3	5
<b>Localización del puente</b>		
Segmento medio	45	82
Segmento proximal	5	9
Segmento distal	5	9
	media	DE
<b>Edad (años)</b>	59	14.6
DE: desviación estándar		

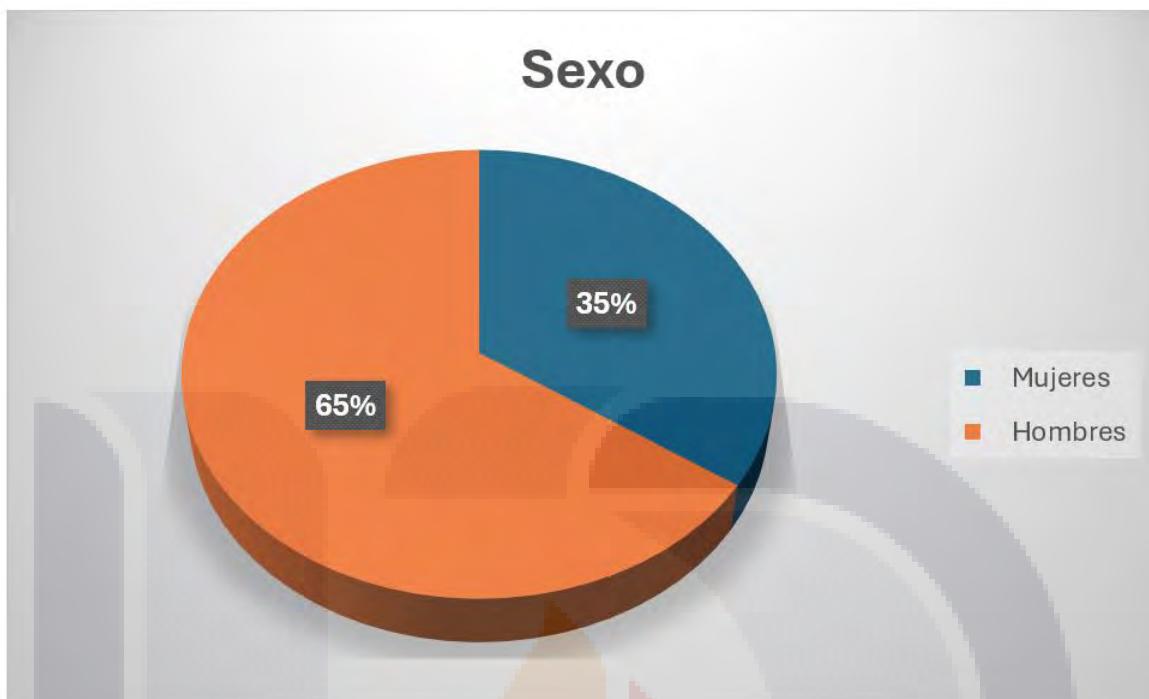


Figura 1: Gráfico circular: Distribución de sexos entre los pacientes de la muestra.



Figura 2: Gráfico circular. Distribución por grupo de edad en los pacientes con PMM.



Figura 3: Gráfico circular. Prevalencia de síntomas en la muestra de pacientes con PMM.

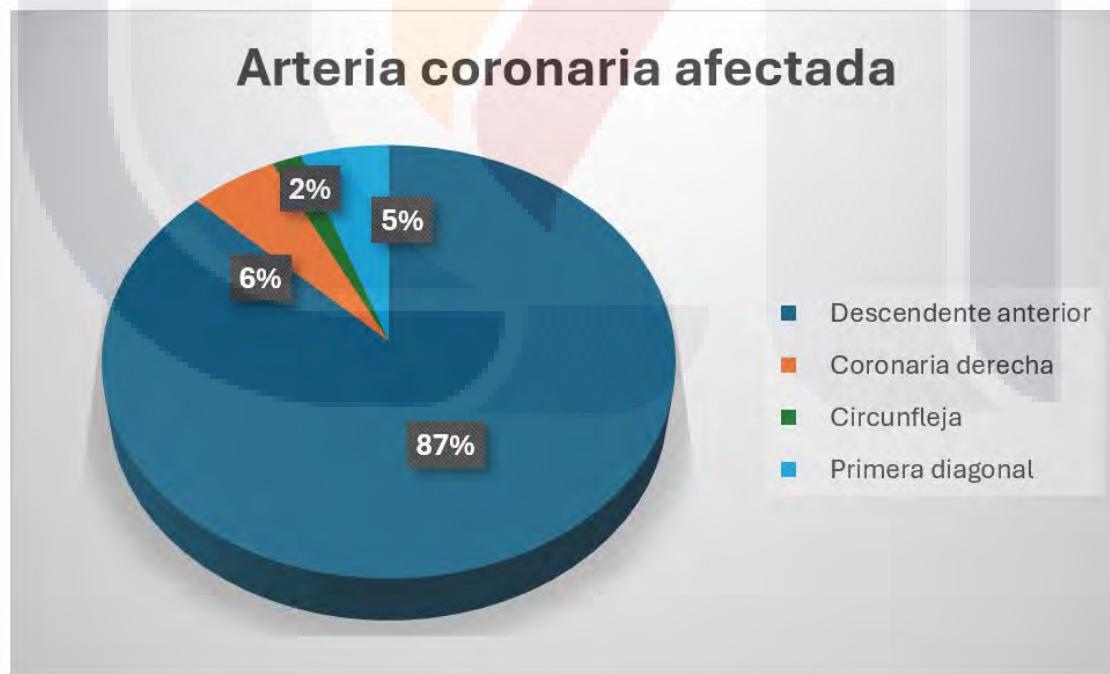


Figura 4: Gráfico circular. Frecuencia de arteria coronaria afectada por PMM.



Figura 5: Gráfico circular. Frecuencia de la localización del segmento afectado por coronariografía.

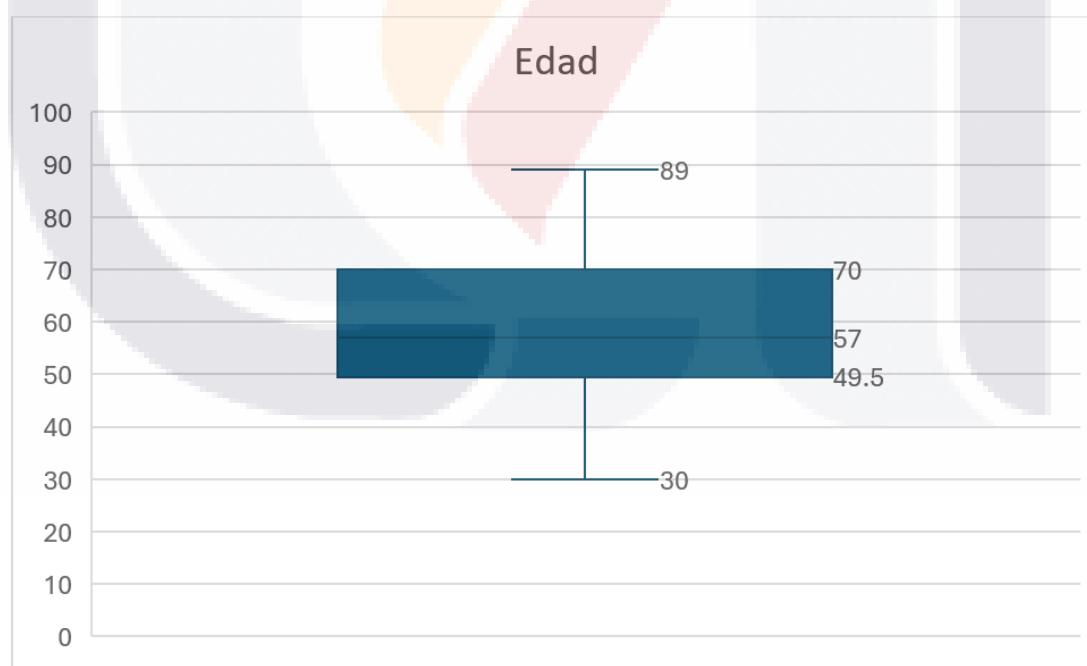


Figura 6: Gráfico de caja. Medidas de tendencia central y dispersión de la variable edad.

En cuanto a los hallazgos electrocardiográficos en relación con la onda T (sugerentes de isquemia), observamos que en el 65% de los pacientes no se evidenciaron cambios. De las derivaciones precordiales la cara electrocardiográfica septal (V1-V2) fue la más involucrada en el 11% de los casos. El cambio más frecuente en las derivaciones frontales fue la presencia de onda T negativa en DII (13%). (Tabla 2).

**Tabla 2: Hallazgos electrocardiográficos en la onda T en la muestra de pacientes con PMM.**

Hallazgo ECG	Frecuencia	%
<b>Onda T (precordiales):</b>		
<b>Sin cambios</b>	36	65
<b>Isquemia septal (negativa V1-V2)</b>	6	11
<b>Isquemia anterior (negativa V3-V4)</b>	1	2
<b>Isquemia anteroseptal (negativa V1-V4)</b>	4	7
<b>Isquemia lateral baja (negativa V5-V6)</b>	3	5
<b>Isquemia anterolateral (negativa V1-V6)</b>	3	5
<b>Bifásica V3-V6</b>	2	4
<b>Onda T (frontales):</b>		
<b>Sin cambios</b>	26	47
<b>Isquemia inferior (negativa DII, DIII, aVF)</b>	5	9
<b>Isquemia lateral alta (negativa DI y aVL)</b>	5	9
<b>Negativa DII</b>	7	13
<b>Isquemia inferolateral (negativa DII, DIII, aVF, DI y aVL)</b>	1	2
<b>Negativa aVL</b>	9	16
<b>Positiva aVR</b>	2	4

Respecto a los hallazgos electrocardiográficos que involucran el segmento ST (lesión), observamos que en las derivaciones precordiales la alteración que se presentó con más frecuencia fue la lesión subendocárdica anterolateral (infradesnivel del ST de V3 a V6) en el 9% de los casos. En las derivaciones frontales el hallazgo más frecuente fue la lesión subepicárdica inferior (supradesnivel de ST en DII, DIII y aVF) en 11%. (Tabla 3).

**Tabla 3: Hallazgos electrocardiográficos en el segmento ST en la muestra de pacientes con PMM.**

Hallazgo ECG	Frecuencia	%
<b>Segmento ST (precordiales):</b>		
<b>Sin cambios</b>	25	45
<b>Lesión subendocárdica septal (infradesnivel V1-V2)</b>	1	2
<b>Lesión subendocárdica anterior (infradesnivel V3-V4)</b>	4	7
<b>Lesión subendocárdica lateral baja (infradesnivel V5-V6)</b>	4	7
<b>Lesión subendocárdica anterolateral (infradesnivel V3-V6)</b>	5	9
<b>Lesión subepicárdica septal (supradesnivel V1-V2)</b>	3	5
<b>Lesión subepicárdica anteroseptal (supradesnivel V1-V4)</b>	4	7
<b>Lesión subepicárdica lateral baja (supradesnivel V5-V6)</b>	4	7
<b>Lesión subepicárdica anterior (supradesnivel V3-V4)</b>	3	5
<b>Lesión subepicárdica anterolateral (supradesnivel V3-V6)</b>	2	4
<b>Segmento ST (frontales):</b>		
<b>Sin cambios</b>	35	64
<b>Lesión subendocárdica inferior (infradesnivel DII, DIII, aVF)</b>	2	4
<b>Lesión subendocárdica lateral alta (infradesnivel DI, aVL)</b>	3	5
<b>Infradesnivel DI, DII</b>	3	5
<b>Lesión subepicárdica inferior (supradesnivel DII, DIII, aVF)</b>	6	11
<b>Lesión subepicárdica lateral alta (supradesnivel en DI, aVL)</b>	1	2
<b>Supradesnivel en DII</b>	3	5
<b>Supradesnivel aVR</b>	2	4

Se exploraron otras características electrocardiográficas presentes en los pacientes con PMM. El 96% de ellos presentaba ritmo sinusal. La presencia de ondas U se documentó en 55% de los casos; otros hallazgos frecuentes fueron la presencia de hemibloqueo de fascículo anterior en 15%, y una transición vectorial temprana en V2 en 11%. La frecuencia cardíaca mediana fue de 72 lpm, la mediana del eje eléctrico se reportó en 20° y el intervalo QTc se ubicó en una media de 426 ms. (Tabla 4).

**Tabla 4: Otras características electrocardiográficas de la muestra de pacientes con PMM.**

Característica (n=55)	Frecuencia	%
<b>Ritmo</b>		
Sinusal	53	96
FA	1	2
Otros	1	2
<b>Ondas U precordiales</b>	30	55
<b>Otros hallazgos</b>		
Hemibloqueo fascículo anterior	8	15
Hemibloqueo fascículo posterior	2	4
Bloqueo completo de rama derecha	1	2
Bloqueo completo de rama izquierda	5	9
Bloqueo Bifascicular	2	4
Eje de transición en v2	6	11
Eje de transición v6	1	2
Bloqueo AV de 1er grado	1	2
Bradicardia sinusal	1	2
IAM derecho	1	2
Ninguno	27	49
	<b>mediana</b>	<b>p25-75</b>
<b>Frecuencia</b>	72	61-78
<b>Eje eléctrico</b>	20	-24 - +60
<b>QTc*</b>	426	34

Las variables cuantitativas presentaron distribución no paramétrica en la prueba de Kolmogorov Smirnov por lo que se reportó la mediana y rango intercuartil (p25-75). \*variable de distribución paramétrica por lo que se reportó la mediana y la desviación estándar.

Al comparar las variables clínicas entre pacientes con y sin isquemia electrocardiográfica (inversión de la onda T), se observó que la edad mayor a 60 años fue un factor que se asoció con la presencia de isquemia ( $p=0.03$ ). (Tabla 5).

**Tabla 5: Comparación de variables clínicas entre pacientes que presentaron alteraciones de la onda T (isquemia) vs pacientes sin alteraciones de la onda T.**

Variable frecuencia (%)	Sin isquemia (n=21)	Con isquemia (n=34)	p
<b>Sexo</b>			
<b>Femenino</b>	7 (33)	12 (35)	0.88
<b>Masculino</b>	14 (67)	22 (65)	
<b>Grupo de edad (años)</b>			
<60	16 (76)	16 (47)	0.03
60 y más	5 (24)	18 (53)	
<b>Síntomas</b>			
<b>Angina típica de esfuerzo</b>	18 (86)	29 (85)	0.96
<b>Angina atípica</b>	3 (14)	5 (15)	
<b>Arteria involucrada</b>			
<b>Descendente anterior</b>	19 (90)	29 (85)	
<b>Coronaria derecha</b>	1 (5)	2 (6)	0.86
<b>Circunfleja</b>	0	1 (3)	
<b>Primera diagonal</b>	1 (5)	2 (6)	
<b>Localización del puente</b>			
<b>Segmento medio</b>	17 (80)	28 (82)	0.99
<b>Segmento proximal</b>	2 (10)	3 (9)	
<b>Segmento distal</b>	2 (10)	3 (9)	
Comparación de frecuencias con la prueba Chi2			

Al comparar las variables clínicas entre pacientes con y sin lesión miocárdica electrocardiográfica (desniveles en el ST), no se comprobó que algún factor se asociara con la presencia de lesión ( $p>0.05$ ). (Tabla 6).

**Tabla 6: Comparación de variables clínicas entre pacientes que presentaron alteraciones desniveles del segmento ST (lesión) vs pacientes sin alteraciones del ST.**

Variable frecuencia (%)	Sin lesión (n=18)	Con lesión (n =37)	p
<b>Sexo</b>			
<b>Femenino</b>	8 (44)	11 (30)	0.28
<b>Masculino</b>	10 (56)	26 (70)	
<b>Grupo de edad (años)</b>			
<b>&lt;60</b>	11 (61)	21 (57)	0.75
<b>60 y más</b>	7 (39)	16 (43)	
<b>Síntomas</b>			
<b>Angina típica de esfuerzo</b>	14 (78)	33 (89)	0.26
<b>Angina atípica</b>	4 (22)	4 (11)	
<b>Arteria involucrada</b>			
<b>Descendente anterior</b>	17 (94)	31 (84)	0.55
<b>Coronaria derecha</b>	0	3 (8)	
<b>Circunfleja</b>	0	1 (3)	
<b>Primera diagonal</b>	1 (6)	2 (5)	
<b>Localización del puente</b>			
<b>Segmento medio</b>	16 (88)	29 (78)	0.63
<b>Segmento proximal</b>	1 (6)	4 (11)	
<b>Segmento distal</b>	1 (6)	4 (11)	
Comparación de frecuencias con la prueba Chi2			

Al comparar las variables clínicas entre pacientes que presentaron trastornos de la conducción (bloqueo AV, bloqueo de rama, bloqueo fascicular) vs pacientes sin trastornos de la conducción observamos que la edad mayor a 60 años ( $p=0.01$ ), así como la afección de la circunfleja y la primera diagonal ( $p=0.03$ ), fueron factores asociados con la presencia de trastornos electrocardiográficos de la conducción. (Tabla 7).

**Tabla 7: Comparación de variables clínicas entre pacientes que presentaron trastornos de la conducción (bloqueo AV, bloqueo de rama, bloqueo fascicular) vs pacientes sin alteraciones de la conducción.**

Variable frecuencia (%)	Sin trastorno de la conducción (n=28)	Con trastorno de la conducción (n=27)	p
<b>Sexo</b>			
<b>Femenino</b>	11 (39)	8 (30)	0.45
<b>Masculino</b>	17 (61)	19 (70)	
<b>Grupo de edad (años)</b>			
<b>&lt;60</b>	21 (75)	11 (41)	0.01
<b>60 y más</b>	7 (25)	16 (59)	
<b>Síntomas</b>			
<b>Angina típica de esfuerzo</b>	23 (82)	24 (89)	0.47
<b>Angina atípica</b>	5 (18)	3 (11)	
<b>Arteria involucrada</b>			
<b>Descendente anterior</b>	25 (89)	23 (85)	
<b>Coronaria derecha</b>	3 (1)	0	0.03
<b>Circunfleja</b>	0	1 (4)	
<b>Primera diagonal</b>	0	3 (11)	
<b>Localización del puente</b>			
<b>Segmento medio</b>	26 (92)	19 (70)	0.09
<b>Segmento proximal</b>	1 (4)	4 (15)	
<b>Segmento distal</b>	1 (4)	4 (15)	
Comparación de frecuencias con la prueba Chi2			

Se evaluó el rendimiento del ECG para detectar la arteria afectada, con respecto al diagnóstico estándar con coronariografía. Se consideró que la afección en la cara electrocardiográfica septal (V1-V2), anterior (V3-V4) o lateral baja (V5-V6) son indicativos de lesiones en la ADA, que es la arteria afectada con mayor frecuencia. Se realizó una tabla 2 x 2 para evaluar la concordancia del ECG con la coronariografía para detectar alteraciones de la ADA. Se encontró un rendimiento de moderado a bajo con un porcentaje de concordancia de 61%, una sensibilidad de 68%, especificidad de 14% y un índice de concordancia Kappa de -.10. (Tabla 8).

**Tabla 8: Cuadro 2 x 2 para evaluar el rendimiento de la detección de la arteria afectada por electrocardiograma comprada con el estudio angiográfico.**

		Arteria afectada (angiografía)		TOTAL
		ADA	Otra	
Localización	ADA	33	6	39
	Otra	15	1	16
		48	7	55

ADA: arteria descendente anterior.  
Porcentaje de concordancia: 61%  
Sensibilidad: 68%  
Especificidad: 14%  
Kappa: -0.10

### **Propuesta de criterios electrocardiográficos: “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico (CC-PMM)”.**

A partir del análisis estadístico de los 55 casos con diagnóstico confirmado de PMM por coronariografía, se realizó un modelo exploratorio mediante regresión logística binaria para identificar los hallazgos electrocardiográficos asociados con la localización del PMM en el segmento medio de la ADA, que representó la forma anatómica más frecuente en esta cohorte.

Se incluyeron como variables predictoras las principales alteraciones electrocardiográficas observadas en el estudio: inversión de la onda T, infradesnivel o supradesnivel del segmento ST, presencia de ondas U, hemibloqueos fasciculares y bloqueos de rama. El evento dependiente fue la localización en el segmento medio de la arteria afectada.

El modelo mostró que la inversión de la onda T en derivaciones precordiales (V1–V2 o V3–V4) fue el hallazgo con la asociación más fuerte ( $OR = 7.10$ ), seguido de la presencia de hemibloqueo fascicular ( $OR = 2.83$ ) y ondas U visibles ( $OR = 1.69$ ). Aunque la significancia estadística no alcanzó valores críticos ( $p < 0.05$ ), el tamaño del efecto sugiere una tendencia clínicamente relevante en esta serie.

Con base en estos resultados se propone un sistema de puntuación clínica exploratorio, denominado “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico”, que integra los hallazgos electrocardiográficos con mayor valor predictivo (tabla 9 y 10).

**Tabla 9: Criterios de Campos para PMM (CC-PMM).**

Hallazgos electrocardiográficos	Odds Ratio (OR)	p	Puntaje asignado
Onda T negativa en derivaciones precordiales (V1–V2 o V3–V4)	7.10	0.15	<b>3 puntos</b>
Presencia de ondas U	1.69	0.65	<b>1 punto</b>
Hemibloqueo fascicular (anterior o posterior)	2.83	0.36	<b>1 punto</b>
ST infradesnivel o supradesnivel	—	—	0 puntos
Bloqueos completos o bifasciculares	—	—	0 puntos

**Tabla 10: Interpretación del puntaje CC-PMM.**

Puntuación total.	Probabilidad estimada de PMM en segmento medio de ADA.	Interpretación clínica.
<b>0–1 puntos</b>	Baja probabilidad.	ECG no sugestivo de PMM.
<b>2–3 puntos</b>	Moderada probabilidad.	Possible PMM, correlacionar con síntomas o estudios de imagen.
<b>4–5 puntos</b>	Alta probabilidad.	ECG sugestivo de PMM, considerar evaluación con angiografía coronaria o ACTC.

## 17. DISCUSIÓN.

Esta investigación, tuvo por objetivo caracterizar electrocardiográficamente a los individuos con diagnóstico de puente muscular miocárdico en nuestro centro.

La literatura internacional ha documentado que, aunque el puente miocárdico es una anomalía congénita, sus síntomas y relevancia clínica suelen manifestarse en adultos. Los estudios indican que la media de edad de los pacientes diagnosticados con puente miocárdico se encuentra en el rango de adultos de mediana edad y adultos mayores. Por ejemplo, Jiang L. y su equipo observaron una media de 61 años, mientras que nuestros resultados van en la misma dirección ya que documentamos una edad media de 59 años.<sup>26</sup>

Documentar que las características clínicas y epidemiológicas de los pacientes de nuestra muestra son similares a los reportado por otros autores, es importante ya que, de esta manera, se puede establecer que los resultados de nuestro estudio (en materia de hallazgos electrocardiográficos) pueden ser traspalables o “generalizables” no solo a nuestra población local, sino también a otras poblaciones.

El puente miocárdico suele ser más frecuente en hombres. La proporción hombre-mujer reportada en un estudio fue de aproximadamente 1.78:1. Otra investigación mostró una prevalencia del 73% en hombres frente al 27% en mujeres. Nuestros datos también marchan en este sentido, ya que nuestra población de casos de PMM se conformó en un 65% por hombres y 35% por mujeres.<sup>27</sup>

Aunque esta variante anatómica es en muchos casos asintomática, la angina es un síntoma que suele presentarse en los portadores de PMM. Este trayecto intramuscular puede provocar la compresión sistólica de la arteria, restringiendo el flujo sanguíneo. No existe una tasa de prevalencia específica para la angina en pacientes con puente muscular, pero es una manifestación clínica reconocida de la afección. Factores como la gravedad de la compresión sistólica, el espasmo vascular y los cambios en la tensión parietal pueden provocar angina en algunas personas con formación de puentes miocárdicos.<sup>8</sup>

Algunos autores han encontrado una mayor prevalencia de angina inestable (de reposo) y angina atípica.<sup>28</sup> Un estudio reveló que la angina inestable fue la presentación más común entre los hombres (28%), mientras que la angina estable crónica fue la presentación más común entre las mujeres (22%). Nuestros resultados no están alineados con estos antecedentes. Nosotros encontramos que el 100% de los pacientes presentaron angina, el 85% fue angina típica de esfuerzo y únicamente en el 15% se trató de angina atípica. La discrepancia es esperada ya que nuestra investigación incluyó a pacientes con el diagnóstico de PMM ya establecido con angiografía coronaria, cuya indicación para realizar el estudio fue precisamente el abordaje del dolor anginoso.<sup>29</sup>

Parayor y otros autores han documentado que la mayoría de los PMM se observaron en la arteria descendente anterior izquierda en su parte media (61% - 93%). La arteria circunfleja izquierda se afecta en un 6% de los casos y la coronaria derecha solo en 1%. Prácticamente no se reportan pacientes con puentes miocárdicos en dos arterias coronarias. En la mayoría de los pacientes (77%) se presenta afectación de la ADA en su segmento medio y en el 22% se presenta afección en el segmento distal. Algunos estudios señalan que hasta el 41% de los casos presentaron EAC. Nosotros encontramos que la arteria involucrada más frecuentemente fue la ADA en el 88% de los pacientes. La localización más prevalente de la lesión fue el segmento medio en 82%, todo lo cual concuerda con lo señalado en la literatura. Sin embargo, nuestro estudio adoleció de no reportar la prevalencia de EAC aterosclerótica concomitante con PMM.<sup>27</sup>

En nuestra búsqueda de la literatura, son escasos los estudios que, como nosotros, describan las características del ECG en pacientes con PMM. Se sabe que en exploraciones instrumentales es frecuente encontrar datos de isquemia en pruebas de estrés, pero en condiciones de reposo el ECG permanece normal. Algunos estudios poco detallados, describen la presencia de anomalías del segmento ST (especialmente con hipertrofia ventricular izquierda), trastornos de la conducción o arritmias, en particular en pruebas de esfuerzo. Estos hallazgos no son exclusivos del PMM y pueden ser difíciles de detectar en un ECG en reposo; algunos estudios han encontrado una asociación significativa entre la anomalía y las arritmias en poblaciones de alto riesgo.<sup>22</sup>

Por este motivo consideramos que nuestro estudio tiene la fortaleza de describir detalladamente las alteraciones electrocardiográficas en una serie basta de casos, habiendo documentado que de un 11% a 13% presentaron alteraciones de la onda T, de 9 a 11% presentó anomalías del ST. La presencia de ondas U se documentó en 55% de los casos y la presencia de hemibloqueo del fascículo anterior en 15%.

Sin embargo, nuestra investigación tiene la limitante de ser un estudio en donde no se reportó la concomitancia de enfermedad aterosclerótica que es común en pacientes con PMM y cuya presencia pudo haber influenciado los cambios electrocardiográficos reportados.

Los “CC-PMM” representan una propuesta exploratoria que busca sintetizar los patrones electrocardiográficos más comunes en pacientes con PMM confirmado. Su valor radica en ofrecer una herramienta práctica, objetiva y reproducible para elevar la sospecha diagnóstica en pacientes con angina de esfuerzo o hallazgos inespecíficos en el ECG. Su aplicación podría facilitar la identificación de pacientes candidatos a evaluación mediante angiografía coronaria. Aunque los resultados deben interpretarse con cautela por el tamaño limitado de la muestra y el carácter descriptivo del estudio, el modelo ofrece una base sólida para futuras validaciones multicéntricas y el refinamiento de un puntaje predictivo que podría complementar las herramientas de imagen no invasiva en la identificación del PMM.

## **18. CONCLUSIONES.**

El estudio permitió describir de manera sistemática los patrones electrocardiográficos asociados al PMM en una cohorte de pacientes del Hospital Cardiológica Aguascalientes, confirmados por coronariografía. Se identificaron alteraciones recurrentes que, aunque inespecíficas, aportan valor clínico al proceso diagnóstico inicial.

Se confirma la hipótesis general al evidenciarse que el ECG puede mostrar características particulares en individuos con PMM, destacando la presencia de inversión de la onda T, hemibloqueo fascicular anterior, ondas U prominentes y alteraciones del segmento ST. Estas manifestaciones reflejan fenómenos de compresión coronaria y repercusión eléctrica del músculo tunelizado.

Se observó que la edad mayor de 60 años y la afectación de ramas como la circunfleja o la primera diagonal se asociaron con mayor frecuencia a trastornos de la conducción, lo que sugiere una posible relación entre los cambios estructurales del miocardio y la expresión electrocardiográfica del PMM. Este hallazgo coincide con lo reportado en la literatura internacional, donde la edad avanzada y la extensión del trayecto tunelizado se vinculan con un mayor impacto funcional.

La sensibilidad moderada y la especificidad baja del ECG para detectar PMM reafirman que este estudio no debe considerarse una prueba diagnóstica definitiva, sino un instrumento de tamizaje y orientación clínica, especialmente útil en contextos con recursos limitados o en pacientes con síntomas sugestivos de isquemia sin enfermedad coronaria obstructiva.

Los resultados permitieron desarrollar un modelo exploratorio denominado “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico”, que integra los hallazgos electrocardiográficos con mayor valor predictivo. Este modelo constituye una propuesta inicial de herramienta clínica que deberá validarse en estudios prospectivos y multicéntricos antes de su aplicación diagnóstica formal.

En términos de aplicabilidad, este trabajo contribuye al reconocimiento clínico del PMM como entidad relevante en la práctica cardiológica, fomentando la búsqueda activa de sus manifestaciones electrocardiográficas. Se recomienda realizar investigaciones futuras que

incluyan pruebas de esfuerzo o modalidades de imagen funcional (como IVUS, OCT o ACTC) para correlacionar los hallazgos eléctricos con la severidad anatómica y la repercusión hemodinámica del puente.

Finalmente, los resultados de esta investigación apoyan la importancia de fortalecer la enseñanza del reconocimiento electrocardiográfico del PMM en la formación cardiológica y la integración de este diagnóstico diferencial en los pacientes con dolor torácico y coronarias sin lesiones ateroscleróticas evidentes.



## **19. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.**

El actual trabajo presenta algunas limitaciones inherentes a su diseño descriptivo y retrospectivo, el cual se basó en la revisión de expedientes clínicos y registros electrocardiográficos. Este tipo de diseño impide establecer relaciones de causalidad entre las variables analizadas y se limita a la descripción de asociaciones observacionales.

El tamaño de la muestra fue relativamente pequeño, limitado al número de pacientes con diagnóstico angiográfico confirmado de puente muscular miocárdico en un solo centro, lo que podría restringir la extrapolación de los resultados a otras poblaciones.

Asimismo, el análisis electrocardiográfico se basó en registros en reposo, sin pruebas dinámicas (como ergometría o farmacológicas) que pudieran aumentar la sensibilidad para detectar cambios isquémicos relacionados con la compresión sistólica del vaso.

Adicionalmente, una parte de las referencias bibliográficas empleadas excede los cinco años de antigüedad, lo cual se debe a que el puente muscular miocárdico continúa siendo una entidad poco estudiada y con escasa evidencia reciente. Por esta razón, fue necesario incluir trabajos clásicos y revisiones históricas que mantienen validez científica y continúan siendo referentes obligados en la comprensión anatómica y fisiopatológica de esta anomalía coronaria.

Finalmente, el modelo exploratorio propuesto de los “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico” requiere validación externa en estudios prospectivos multicéntricos, con un mayor número de pacientes y correlación funcional, antes de ser implementado como herramienta diagnóstica formal.

## **20. SUGERENCIAS.**

Con base en los resultados y limitaciones del presente estudio, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer el conocimiento clínico, diagnóstico y científico sobre el PMM:

1. Desarrollar estudios prospectivos y multicéntricos que incluyan un mayor número de pacientes, con el objetivo de validar los hallazgos electrocardiográficos descritos y determinar su valor predictivo real en distintas poblaciones.
2. Incorporar métodos diagnósticos funcionales (como pruebas de esfuerzo, ecocardiografía de estrés, reserva fraccional de flujo o imagen de perfusión miocárdica) para correlacionar de manera más precisa los cambios electrocardiográficos con la repercusión hemodinámica del PMM.
3. Evaluar la utilidad del modelo exploratorio “Criterios de Campos para Puente Muscular Miocárdico (CC-PMM)” mediante su aplicación en cohortes independientes, buscando establecer puntos de corte y sensibilidad diagnóstica reproducibles.
4. Fomentar la inclusión del PMM como diagnóstico diferencial en protocolos clínicos de angina microvascular o síndromes coronarios sin lesiones obstructivas, especialmente en centros con capacidad de angiografía coronaria invasiva o angiotomografía coronaria.
5. Actualizar de manera periódica las revisiones bibliográficas relacionadas con el PMM, integrando la evidencia emergente sobre su fisiopatología, implicaciones electrofisiológicas y manejo terapéutico.

Estas sugerencias buscan impulsar la continuidad de la investigación y la estandarización de criterios diagnósticos sobre el puente muscular miocárdico, contribuyendo a mejorar la precisión clínica y el abordaje integral de los pacientes con esta anomalía coronaria.

## **21. GLOSARIO.**

**Angiografía coronaria por tomografía computada:** procedimiento de diagnóstico por imagen que utiliza rayos X y medio de contraste para obtener imágenes detalladas de las arterias coronarias, permitiendo identificar estenosis o anomalías estructurales.

**Arteria descendente anterior izquierda:** rama principal de la arteria coronaria izquierda que irriga el septum interventricular y la pared anterior del ventrículo izquierdo.

**Reserva fraccional de flujo derivada de dobutamina:** índice fisiológico invasivo utilizado para evaluar la repercusión hemodinámica de una obstrucción coronaria dinámica o de un puente muscular miocárdico, determinado durante la infusión de dobutamina para simular condiciones de estrés.

**Enfermedad arterial coronaria:** patología caracterizada por la obstrucción parcial o total de las arterias coronarias, generalmente por atherosclerosis, que reduce el flujo sanguíneo al miocardio.

**Electrocardiograma:** registro gráfico de la actividad eléctrica del corazón obtenido mediante electrodos colocados sobre la superficie corporal.

**Ecocardiografía transtorácica de estrés:** estudio ecocardiográfico que evalúa la respuesta del corazón al ejercicio físico o farmacológico para detectar isquemia inducible o alteraciones de la contractilidad.

**Intervención coronaria percutánea:** procedimiento terapéutico mínimamente invasivo para recanalizar una arteria coronaria obstruida mediante angioplastia con balón y/o colocación de stent.

**Imagen de perfusión miocárdica de estrés:** técnica de medicina nuclear que permite evaluar la perfusión del miocardio en reposo y bajo estrés para detectar áreas de isquemia o necrosis.

**Ecocardiografía intravascular:** técnica invasiva que utiliza un catéter con transductor ultrasónico para obtener imágenes en tiempo real del interior de las arterias coronarias.

**Imagen por resonancia magnética:** modalidad de imagen no invasiva que emplea campos magnéticos y ondas de radio para obtener imágenes detalladas del corazón y los grandes vasos.

**Índice diastólico instantáneo libre de ondas:** medición invasiva que evalúa la relación de presiones coronarias durante la diástole sin necesidad de inducir hiperemia, útil para determinar la significancia funcional de una estenosis o puente coronario.

**Tomografía de coherencia óptica:** técnica de imagen intravascular basada en luz infrarroja que permite obtener imágenes de alta resolución de la pared arterial y caracterizar la microestructura del vaso.

**Puente muscular miocárdico:** anomalía congénita en la cual un segmento de una arteria coronaria discurre dentro del miocardio en lugar de sobre su superficie epicárdica.

**Tomografía por emisión de positrones:** técnica de imagen funcional que utiliza radioisótopos emisores de positrones para evaluar la perfusión, el metabolismo y la viabilidad miocárdica.

**Reserva fraccional de flujo:** índice invasivo que mide la relación entre la presión distal y proximal a una estenosis coronaria durante hiperemia máxima, para determinar su impacto funcional sobre el flujo coronario.

**Síndrome coronario agudo:** conjunto de entidades clínicas que resultan de la disminución súbita del flujo sanguíneo coronario, incluyendo angina inestable, infarto con y sin elevación del ST.

**Tomografía por emisión de fotón único:** técnica de medicina nuclear que genera imágenes tridimensionales de la perfusión miocárdica mediante la detección de fotones gamma emitidos por radioisótopos.

## **22. BIBLIOGRAFIA.**

1. Sternheim D, Power DA, Samtani R, Kini A, Fuster V, Sharma S. Myocardial Bridging: Diagnosis, Functional Assessment, and Management: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2021;78(22):2196–2212.
2. Möhlenkamp S, Hort W, Ge J. Update on myocardial bridging. *Circulation*. 2002;106:2616–2622.
3. Corban MT, Hung OY, Eshtehardi P, et al. Myocardial bridging: contemporary understanding of pathophysiology with implications for diagnostic and therapeutic strategies. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:2346–2355.
4. Evbayekha EO, Nwogwugwu E, Olawoye A, et al. Comprehensive Review of Myocardial Bridging. *Cureus*. 2023;15(8):e43132.
5. Hostiuc S, Negoi I, Rusu MC, Hostiuc M. Myocardial bridging: a meta-analysis of prevalence. *J Forensic Sci*. 2018;63:1176–1185.
6. Rajendran R, Hegde M. The prevalence of myocardial bridging on multidetector computed tomography and its relation to coronary plaques. *Pol J Radiol*. 2019;84:e478–e483.
7. Karna SK, Chourasiya M, Parikh RP, et al. Prevalence of myocardial bridge in angiographic population in rural India. *J Fam Med Prim Care*. 2020;9(4):1963–1966.
8. Asokan PK, Goyal KK. Prevalence and clinical characteristics of myocardial bridging in Kerala. *J Indian Coll Cardiol*. 2018;8(2):61–63.
9. Uusitalo V, Saraste A, Pietila M, et al. The functional effects of intramural course of coronary arteries and its relation to coronary atherosclerosis. *J Am Coll Cardiol Img*. 2015;8:697–704.
10. Gould KL, Johnson NP. Myocardial bridges: lessons in clinical coronary pathophysiology. *J Am Coll Cardiol Img*. 2015;8:705–709.

11. Teragawa H, Oshita C, Ueda T. The myocardial bridge: potential influences on the coronary artery vasculature. *Clin Med Insights Cardiol.* 2019;13:1179546819846493.
12. Klues HG, Schwarz ER, vom Dahl J. Disturbed intracoronary hemodynamics in myocardial bridging: early normalization by intracoronary stent placement. *Circulation.* 1997;96:2905–2913.
13. Hongo Y, Tada H, Ito K, et al. Augmentation of vessel squeezing at coronary–myocardial bridge by nitroglycerin. *Am Heart J.* 1999;138:345–350.
14. Jiang L, Zhang M, Zhang H, et al. Myocardial bridge as protective element against severe atherosclerosis. *BMC Cardiovasc Disord.* 2018;18:105.
15. Rovai D, Di Bella G, Pingitore A, Coceani M. Myocardial bridging: a review with emphasis on electrocardiographic findings. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2015;20(2):103–107.
16. Yıldırım E, İpek E, Kalkan K, et al. Relationship between myocardial bridge and electrocardiographic Tp-e interval, Tp-e/QT and Tp-e/QTc ratio. *Med Bull Haseki.* 2017;55(1):21–26.
17. Avram A, Chioncel V, Guberna S, et al. Myocardial bridging—an unusual cause of Wellens syndrome: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(41):e22491.
18. Shenoy N, Naik KA, R P, Jeedigunta M. Severe myocardial bridging-induced total occlusion of the LAD mimicking Wellens syndrome. *Cureus.* 2024;16(11):e73123.
19. Tang K, Wang L, Shi R, et al. The role of myocardial perfusion imaging in evaluating patients with myocardial bridging. *J Nucl Cardiol.* 2011;18:117–122.
20. Gawor R, Kuśmierk J, Płachcińska A. Myocardial perfusion GSPECT imaging in patients with myocardial bridging. *J Nucl Cardiol.* 2011;18:1059–1065.
21. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, et al. Stress echocardiography expert consensus statement. *Eur J Echocardiogr.* 2008;9(4):415–437.

22. Yamada R, Tremmel JA, Tanaka S, et al. Functional versus anatomic assessment of myocardial bridging by IVUS. *J Am Heart Assoc.* 2016;5:e003013.
23. Huang D, Swanson EA, Lin CP. Optical coherence tomography. *Science.* 1991;254:1178–1181.
24. Samady H, Molony DS, Coskun AU, et al. Physiology-based risk stratification using CCTA. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2020;14:386–393.
25. Pargaonkar VS, Kimura T, Kameda R, et al. Invasive assessment of myocardial bridging. *EuroIntervention.* 2021;16:1070–1078.
26. Boyd JH, Pargaonkar VS, Scoville DH. Surgical unroofing of myocardial bridges. *Ann Thorac Surg.* 2017;103:1443–1450.
27. van der Velde N, Huirman R, Yamasaki Y, et al. Frequency and significance of coronary artery disease and myocardial bridging in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 2020;125:1404–1412.
28. Basso C, Thiene G, Mackey-Bojack S. Myocardial bridging in hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J.* 2009;30:1627–1634.
29. Jukić M, Pavić L, Bitunjac I, et al. Myocardial bridging as cause of atypical chest pain in young women. *Egypt Heart J.* 2017;69(4):235–239.
30. World Medical Association. Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013;310(20):2191–2194.
31. Secretaría de Salud. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación. México; 1987.
32. Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares. Diario Oficial de la Federación. México; 2010.

## ANEXOS.

### ANEXO A. CRONOGRAMA.

ACTIVIDAD	FECHA ESTIMADA
Revisión de literatura.	Julio 2025
Recolección y organización de datos.	Julio - Agosto 2025
Análisis de electrocardiogramas.	Agosto 2025
Análisis estadístico.	Septiembre 2025
Redacción de resultados y discusión.	Septiembre - Octubre 2025
Entrega del trabajo final.	Octubre 2025

## ANEXO B. MODELO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

<p><b>HOSPITAL CARDIOLOGÍA DE AGUASCALIENTES</b> <b>UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN</b> <b>Y POLÍTICAS DE SALUD</b> <b>COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD</b> <b>CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO</b></p>	
<p><b>CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN</b></p>	
Nombre del estudio:	Características electrocardiográficas en individuos con puente muscular miocárdico: análisis de una serie de casos confirmados.
Lugar:	"Hospital Cardiológica Aguascalientes, Aguascalientes, AGS. México.
Número de registro:	
Justificación y objetivo del estudio:	Describir las características electrocardiográficas en individuos con puente muscular miocárdico en el Hospital Cardiológica Aguascalientes.
Procedimientos:	Se registran los datos demográficos, los síntomas, los datos de la coronariografía y los datos electrocardiográficos (ritmo, frecuencias, eje, características de la onda T, segmento ST, onda U, longitud del QT). Se realizará estadística descriptiva.
Posibles riesgos y molestias:	Ninguno.
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Contribuir al estado del arte del conocimiento de los patrones electrocardiográficos predictivos de puente muscular miocárdico.
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Se me informará si así lo deseo sobre los resultados, cuando estos se encuentren disponibles. El investigador responsable se comprometió a explicarme y aclarar dudas que pudiera tener en el transcurso de esta investigación.
Participación o retiro:	Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio si así lo desease, sin que interfiera con la atención que recibo en el Hospital Cardiológica Aguascalientes.
Privacidad y confidencialidad:	Entiendo que se mantendrá la privacidad y confidencialidad, respetando la dignidad, bienestar y derechos del paciente según lo estipulado en la Ley General de Salud
En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:	
Investigador Responsable:	Nombre: Dr. Guillermo Antonio Llamas Esperón Área de adscripción: Maestro titular de residencia médica de la especialidad de Cardiología. Hospital Cardiológica Aguascalientes Matrícula 5472268 Dirección: República de Ecuador # 205, int: 209, col Obraje. CP: 20230 Teléfono: 4499155648 Correo electrónico: <a href="mailto:galle@cardiologica.com.mx">galle@cardiologica.com.mx</a>
Colaboradores:	Nombre: Dr. Campos Hernández Francisco Javier. Área de adscripción: Residente de la especialidad de Cardiología. Hospital Cardiológica Aguascalientes. Matrícula: 11464484. Dirección: República de Ecuador # 205, int: 209, col Obraje. CP: 20230 Teléfono: 4431045914 Correo electrónico: javi16ch@hotmail.com
Nombre y firma del sujeto	Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

# TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Testigo 1

Testigo 2

---

Nombre, dirección, relación y firma

---

Nombre, dirección, relación y firma

Este formato constituye una guía que deberá completarse de acuerdo con las características propias de cada protocolo de investigación, sin omitir información relevante del estudio



## ANEXO C. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

ID Paciente:	
Edad:	
Sexo:	
Síntomas:	
Arteria involucrada:	
Localización del Puente:	
Ritmo:	
Frecuencia (LPM):	
Eje QRS °:	
Onda T (PRECORDIALES):	
Onda T (FRONTALES):	
Segmento ST (PRECORDIALES):	
Segmento ST (FRONTALES):	
Ondas U:	
QTc:	
Otros hallazgos ECG:	
Comentarios:	

### Instrucciones para el registro de datos.

El presente instrumento se elaboró para la recolección sistemática de la información clínica, electrocardiográfica y angiográfica de los pacientes incluidos en el estudio. Cada renglón corresponde a un solo paciente y debe completarse utilizando exclusivamente los datos documentados en el expediente clínico, electrocardiograma basal y reporte de coronariografía.

Cuando algún dato no esté disponible, deberá registrarse como **ND** (No disponible).

Las variables deberán registrarse conforme a las siguientes indicaciones:

1. **ID del paciente:** Registrar el identificador asignado al caso.

2. **Edad:** Registrar la edad en años cumplidos.
3. **Sexo:** Registrar **M** para masculino o **F** para femenino.
4. **Síntomas:** Describir el síntoma predominante tal como se documenta en el expediente (p. ej., *angina típica, angina atípica*).
5. **Arteria involucrada:** Registrar la arteria reportada en la angiografía (p. ej., *descendente anterior*).
6. **Localización del puente:** Registrar la ubicación anatómica precisa (p. ej., *segmento medio, segmento distal*).
7. **Ritmo:** Registrar el ritmo descrito en el ECG basal (p. ej., *sinusal, fibrilación auricular*).
8. **Frecuencia (LPM):** Registrar la frecuencia cardiaca en latidos por minuto.
9. **Eje QRS (º):** Registrar el eje eléctrico del QRS expresado en grados.
10. **Onda T (precordiales) y Onda T (frontales):** Registrar la descripción textual del trazado (p. ej., *bifásica, invertida, sin cambios, isodifásica*).
11. **Segmento ST (precordiales) y Segmento ST (frontales):** Registrar las alteraciones descritas en el ECG (p. ej., *infradesnivel 1 mm en V4–V5, supra en aVL, sin cambios*).
12. **Ondas U:** Registrar si están presentes y su localización o, en su caso, anotar *No*.
13. **QTc:** Registrar el intervalo QT corregido en milisegundos (ms).
14. **Otros hallazgos ECG:** Describir cualquier alteración adicional no contemplada en las variables anteriores (p. ej., *hemibloqueo fascicular posterior, PR prolongado, dextrorrotación*).
15. **Comentarios:** Registrar observaciones adicionales relevantes para el caso.

Antes de concluir cada registro, verificar que todos los campos estén completos y que la información coincida con los estudios revisados.