



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE MEDICINA

**Alteraciones electrocardiográficas en pacientes con
Diabetes Mellitus y su relación con el riesgo de desarrollar
trastornos de la conducción eléctrica del corazón. Una
Revisión Bibliográfica Narrativa**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

MÉDICO

Autor: Samaniego Silva, Jhoan José

Directora: Cadena Agreda, Luz Marcela

LOJA

2023

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 22 de Mayo del 2023

Doctora,
Maria Irene Carrillo Mayanquer
Directora de la carrera de Medicina
Ciudad.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: Alteraciones electrocardiográficas en pacientes con Diabetes Mellitus y su relación con el riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón. Una Revisión Bibliográfica Narrativa, realizado por Jhoan José Samaniego Silva, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Directora: Luz Marcela Cadena Agreda, Doctora en Medicina.

C.I.: 1103167506

Correo electrónico: Imcadena19@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Jhoan José Samaniego Silva, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Titulación denominado: Alteraciones electrocardiográficas en pacientes con Diabetes Mellitus y su relación con el riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón. Una Revisión Bibliográfica Narrativa, de la Carrera de Medicina, siendo Luz Marcela Cadena Agreda, directora del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTP, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Jhoan José Samaniego Silva

C.I.: 1105101875

Correo: jjsamaniego2@utpl.edu.ec

Dedicatoria

El presente trabajo de fin de titulación va dedicado a:

Mis padres Albita y Jonny, por la semilla de amor que pusieron en mi vida. En su huerto, me otorgaron la capacidad de crecer sanamente, enraizado en excelentes valores y apoyado en pilares fundamentales de enseñanza para el crecimiento personal, mediante el arduo trabajo que la vida conlleva y la confianza en mi mismo y en mi familia. La existencia me faltará, para alcanzar a agradecerles lo mucho que han dado por mi, son ellos a quienes se los debo todo en esta vida, me han visto crecer compartiendo conmigo cada momento bueno y, en especial, en cada obstáculo que encuentro en mi camino. Mis pilares fundamentales, los amo.

A mis hermanas Jhoanna y Katherine, mis mejores amigas, mis confidentes en nuestros momentos de locuras, mi gran apoyo y mi constante motivación para cumplir todas mis metas planteadas. Sus experiencias de vida y sus consejos son mi sustento para labrar mi camino correcto hacia la excelencia personal y profesional. Mediante la unión de nuestras fuerzas, hemos podido vencer cualquier obstáculo que atraviesa mi familia en momentos duros. Por la comprensión y paciencia. Les debo mi vida.

Jhoan Samaniego S.

Agradecimiento

Expreso mi profundo agradecimiento a:

Mis padres y hermanas, por su inmenso amor y apoyo que me han dedicado durante toda mi vida. Me han sabido brindar el más grande sostén que mi vida merecía. Son ellos quienes me han enseñado los verdaderos valores para que mi vida tome un rumbo adecuado.

A mis maestros de la salud, quienes me han inculcado sus sabias enseñanzas, aprendizajes y experiencias de vida, gracias por otorgarme un granito de su valioso tiempo y confiar en mis capacidades y profesionalismo a tan noble labor de vida.

A mis amigos de toda la vida, con quienes hemos compartido experiencias y enseñanzas, y que con sus consejos sanos y acompañamiento en esta etapa de la vida, me han alegrado el camino hacia esta meta cumplida.

A mi querida UTPL, por darme la oportunidad de pertenecer a tan ilustre institución educativa y otorgarme los recursos necesarios para crecer ética y moralmente. Mi formación estuvo en sus manos y mil gracias por saber llevarla a cabo.

Jhoan Samaniego S.

Índice de Contenido

Caratula.....	I
Aprobación del director del Trabajo de Titulación.....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice de Contenido	VI
Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Capítulo uno.....	5
Diabetes mellitus	5
1.1 Concepto	5
1.2 Clasificación.....	5
1.2.1 Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1).....	5
1.2.1.1 Diabetes inmunomediada.....	5
1.2.1.2 Diabetes idiopática.....	6
1.3 Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2).....	7
1.3.1 Diabetes Mellitus gestacional (DMG).....	8
1.3.2 Otros tipos de Diabetes Mellitus	8
1.3.2.1 Diabetes monogénica.....	8
1.3.2.2 Enfermedad del páncreas exócrino	9
1.3.2.3. Hormonas y drogas.....	9
1.4 Epidemiología	9
1.5 Diagnóstico	11
Capítulo dos.....	13
Alteraciones electrocardiográficas en diabetes mellitus	13
2.1 Generalidades	13
2.2 Alteraciones electrocardiográficas en pacientes con Diabetes Mellitus sintomáticos	13
2.2.1 Frecuencia cardíaca	13
2.2.2 Intervalo PQ.....	13
2.2.3 Complejo QRS.....	13
2.2.4 Intervalos QT y QTc.....	14
2.3 Alteraciones electrocardiográficas en pacientes con Diabetes Mellitus asintomáticos	15
2.4 Miocardiopatía diabética.....	15

Capítulo tres.....	17
Metodología de la Investigación	17
3.1. Tipo de revisión bibliográfica.....	17
3.2. Definición de la pregunta y tema de investigación	17
3.3. Recopilación de datos	18
3.3.1. Pubmed	18
3.3.2. ScienceDirect.....	19
3.4. Criterios de inclusión y exclusión	20
3.4.1. Criterios de inclusión	20
3.4.2. Criterios de exclusión	21
Capítulo cuatro	22
Resultados	22
4.1. Extracción de resultados.....	22
4.2. Diagrama de flujo de extracción de resultados.....	23
4.3. Calidad de los artículos	24
4.4. Características de los artículos a estudiar	24
4.5. Desarrollo de resultados	24
Capitulo cinco.....	43
Discusiones	43
5.1. Una vista general del riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón.....	43
5.2. Fibrilación auricular	43
5.3. Trastornos de la conducción eléctrica ventricular del corazón	44
5.4. Hiperglicemia en diabetes mellitus y su asociación con trastornos de la conducción eléctrica del corazón.....	46
5.5. Hipoglicemia en pacientes con diabetes mellitus y su asociación con trastornos de la conducción eléctrica del corazón.....	47
5.6. Frecuencia cardíaca	47
5.7. Neuropatía autonómica cardíaca en el esfera de la diabetes mellitus.....	47
5.8. Relación de los trastornos de la conducción eléctrica del corazón con la edad de los pacientes con diabetes mellitus	48
5.9. Relación de los trastornos de la conducción eléctrica del corazón con el sexo de los pacientes con diabetes mellitus	48
Conclusiones	49
Recomendaciones.....	51
Referencias	52

Tabla 1 Estrategia PICOT.....	17
Tabla 2 Ecuaciones de búsqueda y limitadores	19
Tabla 3 Desarrollo de resultados.....	24

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo de resultado.....	23
---	-----------

Resumen

La diabetes mellitus y su estado hiperglucémico causa daño en las fibras tanto musculares como nerviosas del corazón, aumentando el riesgo de desarrollar trastornos en la conducción eléctrica. Objetivo: analizar el riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón mediante hallazgos electrocardiográficos en pacientes con diabetes mellitus. Métodos: el análisis de la importancia de esta revisión bibliográfica se realizó utilizando la estrategia PICOT que selló la pregunta de investigación y con ella el tema de la presente revisión. Con términos MeSh junto a operadores booleanos, se realiza una revisión narrativa mediante el análisis de artículos originales conseguidos investigando en la base de datos PUBMED. Resultados: Se obtuvieron 13 artículos acorde con el objetivo de estudio, y en conjunto, la asociación fue estadísticamente significativa entre riesgo de desarrollar trastornos en la conducción eléctrica cardíaca y la presencia de diabetes mellitus. Conclusiones: El riesgo de desarrollar trastornos en la conducción eléctrica del corazón está estrechamente enlazada con la diabetes mellitus, que se pueden predecir por hallazgos electrocardiográficos alterados como en la onda P y el riesgo de desarrollar fibrilación y aleteo auriculares así como prolongaciones en marcadores que son sensibles al momento de evaluar la arritmogénesis ventricular.

Palabras claves: diabetes mellitus, arritmias, electrocardiograma.

Abstract

Diabetes mellitus and its hyperglycemic state cause damage in the muscle and nerve fibers of the heart, increasing the risk of developing electrical conduction disorders. Objective: analyze the risk of developing electrical conduction disorders of the heart through electrocardiographic findings in patients with diabetes mellitus. Methods: the analysis of the importance of this bibliographic review was carried out using the PICOT strategy that sealed the research question and with it the subject of this review. With MeSh terms and boolean operators, a narrative review is carried out through the analysis of original articles obtained by researching the PUBMED database. Results: 13 articles were obtained according to the study objective, and overall, the association was statistically significant between the risk of developing cardiac electrical conduction disorders and the presence of diabetes mellitus. Conclusions: The risk of developing disorders in the electrical conduction of the heart is closely linked to diabetes mellitus, which can be predicted by altered electrocardiographic findings such as in the P wave and the risk of developing atrial fibrillation and flutter as well as prolongations in markers that are sensitive when assessing ventricular arrhythmogenesis.

Keywords: diabetes mellitus, arrhythmia, electrocardiogram.

Introducción

La diabetes mellitus es una enfermedad endocrinológica caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre, debido a que el páncreas no produce la insulina adecuada o por una resistencia a la insulina en receptores periféricos(OMS, 2021). En el año 2014, el 8,5% de los adultos que eran mayores de 18 años tenía diabetes. En 2019, la diabetes fue la causa de 1,5 millones de muertes, añadiendo a esto, el 48% de todas las muertes por diabetes ocurrieron antes de los 70 años(OMS, 2021).

La asociación entre la diabetes mellitus y complicaciones microvasculares y macrovasculares están bien descritas (Iglesias R., Barutell L., Artola S., 2014) y aunque es muy claro que sigue siendo uno de los efectos adversos más comunes en la enfermedad, las arritmias también se notifican con frecuencia en la diabetes mellitus(Koektuerk et. al., 2016).

Existen factores de riesgo que modifican la estructura cardíaca y conllevan a mecanismos arritmogénicos como el remodelado cardíaco, la miocarditis y la disfunción o neuropatía autonómica, asimismo, existen otros factores como los hemodinámicos, alteraciones de los electrolitos y disfunción metabólica que también están involucrados (Grisanti, 2018).

A la arritmia cardíaca se la conoce como un grupo de afecciones o alteraciones en pacientes sintomáticos o en signos electrocardiográficos, respectivamente, con base en una conducción eléctrica cardíaca alterada, sea por latir muy rápido, conociéndolo como taquicardia, o también cuando el corazón late muy lento, denominada bradicardia, así como una irregularidad en las ondas de conducción eléctrica del corazón(Roberts-Thomson et al., 2011). La arritmia más común y conocida es la fibrilación auricular y siempre se la asocia con una mayor morbimortalidad(Kannel et al., 1983). Y así como es la arritmia más común, también es la que más se notifica en los últimos estudios que asocia la misma con la diabetes mellitus, es aquí cuando se da mayor enfoque a las complicaciones de la

conducción eléctrica del corazón en pacientes con diabetes mellitus y que son un problema cardiovascular (Huxley et al., 2011).

Diferentes estudios demuestran que existe prolongaciones en los diferentes potenciales de acción de la conducción eléctrica del corazón, es así que, tanto en la diabetes tipo 2 (Veglio et al., 2002) y en diabetes tipo 1 (Sivieri et al., 1993), se observó un riesgo de arritmias ventriculares ya que existió una velocidad enlentecida en la conducción eléctrica con una mayor prevalencia del intervalo QT prolongado.

Posterior a un análisis exhaustivo con objeto de estudiar la importancia del enfoque de este tema mediante una investigación bibliográfica, se decidió realizar una revisión narrativa basándose en artículos actuales (mínimo 5 años de actualización), para observar los cambios electrocardiográficos encontrados en los diferentes tipos de estudio con una población de pacientes con diabetes mellitus y poder dar respuesta a la problemática planteada:

¿Cuál es el riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón en pacientes con diabetes mellitus y sus alteraciones electrocardiográficas?

Empezando por una investigación para el Capítulo 1 y 2, que se refieren al marco teórico, se procedió a plantear el tema de la revisión bibliográfica y continuamente separar términos MeSH y palabras clave que servirán para investigar en las bases de datos de PUBMED y ScienceDirect. Con criterios de inclusión y exclusión se logra reunir 13 artículos que son totalmente adaptados al objetivo de la revisión.

Objetivo general: Revisar la literatura biomédica para analizar el riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón mediante hallazgos electrocardiográficos en pacientes con Diabetes Mellitus.

La importancia de esta investigación radica en que los médicos de atención primaria tomen en cuenta el elevado riesgo que tienen los pacientes con diabetes mellitus para desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón y de esta manera poder realizar la prevención de arritmias en los controles primarios de salud.

Capítulo uno

Diabetes mellitus

1.1 Concepto

La Diabetes Mellitus (DM) es una enfermedad metabólica que de forma general implica niveles elevados de glucosa en sangre, se caracteriza por hiperglucemia crónica con disturbios en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas y que resulta de defectos en la secreción y/o en la acción de la insulina. Esta patología tiene varias categorías, que incluyen tipo 1, tipo 2, gestacional, y otros tipos específicos de diabetes. Los principales subtipos de DM son la diabetes tipo 1 mellitus (T1DM) y diabetes mellitus tipo 2 (T2DM), que clásicamente resultan de una secreción defectuosa de insulina (T1DM) y / o acción (T2DM). La DM1 se presenta en niños o adolescentes, mientras que se cree que la DM2 afecta a los adultos de mediana edad y mayores que tienen hiperglucemia prolongada debido a un estilo de vida malsano y elecciones dietéticas deficientes. La patogenia de T1DM y T2DM es drásticamente diferente y, por lo tanto, cada tipo tiene diversas etiologías, presentaciones y tratamientos(Sapra & Bhandari, 2021).

1.2 Clasificación

1.2.1 *Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1)*

Este tipo de Diabetes se caracteriza por la destrucción de células beta en el páncreas, típicamente secundaria a un proceso autoinmune. El resultado es la destrucción absoluta de las células beta y, en consecuencia, la insulina está ausente o es extremadamente baja.

1.2.1.1 Diabetes inmunomediada. Esta forma de diabetes, que representa solo el 5-10% de las personas con diabetes, anteriormente comprendida por los términos diabetes insulino dependiente, diabetes tipo 1 o diabetes juvenil, es el resultado de una destrucción autoinmune mediada por células de la β -células del páncreas. Como resultado de este proceso se obtiene la destrucción inmunitaria de la célula β que incluyen autoanticuerpos de células de los islotes, autoanticuerpos contra la insulina,

autoanticuerpos contra GAD (GAD65) y autoanticuerpos contra las tirosina fosfatasas IA-2 e IA-2 β , cabe mencionar que esta tasa de destrucción es bastante variable, que puede llegar a ser rápida en algunos individuos (principalmente lactantes y niños) y lenta en otros (principalmente adultos). Uno o más de estos autoanticuerpos están presentes en 85 a 90% de los individuos cuando se detecta inicialmente la hiperglucemia en ayunas(ADA, 2010).

Algunos pacientes, en particular niños y adolescentes, pueden presentar cetoacidosis como primera manifestación de la enfermedad, otros pacientes tienen hiperglucemia en ayunas moderada que puede cambiar rápidamente a hiperglucemia severa y / o cetoacidosis en presencia de infección u otro estrés, los adultos, en particular, pueden retener la función residual de las células β lo suficiente como para prevenir la cetoacidosis durante muchos años(Sapra & Bhandari, 2021).

La destrucción autoinmune de las células β tiene múltiples predisposiciones genéticas y también está relacionada con factores ambientales que an están mal definidos(Kharroubi & Darwish, 2015).

1.2.1.2 Diabetes idiopática. Se otorga este nombre a la diabetes tipo 1 cuyas etiologías son aun desconocidas. Algunos de estos pacientes tienen insulinopenia permanente y son propensos a la cetoacidosis, pero no tienen evidencia de autoinmunidad. Aunque solo una minoría de los pacientes con diabetes tipo 1 entran en esta categoría, la mayoría de los que la padecen son de ascendencia africana o asiática. Los individuos con esta forma de diabetes sufren de cetoacidosis episódica y presentan diversos grados de deficiencia de insulina entre episodios. Esta forma de diabetes se hereda fuertemente, carece de evidencia inmunológica de autoinmunidad de células β y no está asociada con alelos HLA. Un requisito absoluto para la terapia de reemplazo de insulina en los pacientes afectados puede aparecer y desaparecer(Kharroubi & Darwish, 2015).

La mayoría de los pacientes con esta forma de diabetes son obesos y la obesidad en sí misma causa cierto grado de resistencia a la insulina. Esta forma de diabetes con frecuencia no se diagnostica durante muchos años porque la hiperglucemia se desarrolla gradualmente y en etapas tempranas a menudo no es lo suficientemente grave como para que el paciente note alguno de los síntomas clásicos de la diabetes(ADA, 2010).

1.3 Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2)

Esta es la forma de diabetes más frecuente y representa entre el 90% y el 95% de las personas con diabetes, abarca a todos aquellos que tienen resistencia a la insulina y suele existir en pacientes con deficiencia de insulina. Implica un inicio más insidioso en el que, un desequilibrio entre los niveles de insulina y la sensibilidad a la insulina, provoca un déficit funcional. La resistencia a la insulina es multifactorial, pero comúnmente se desarrolla a partir de factores de riesgo como la obesidad y el envejecimiento(Sapra & Bhandari, 2021).

Aunque se desconocen las etiologías específicas, no se produce la destrucción autoinmunitaria de las células β y los pacientes no tienen ninguna de las otras causas de diabetes enumeradas anteriormente o a continuación(Kharroubi & Darwish, 2015).

Los pacientes con esta forma de diabetes pueden tener niveles de insulina que parecen normales o elevados, lo cual se traduce en que la secreción de insulina es defectuosa e insuficiente para compensar la resistencia a la insulina. La resistencia a la insulina puede mejorar con la reducción de peso y/o el tratamiento farmacológico de la hiperglucemia, pero rara vez se normaliza(ADA, 2010).

La DM2 implica una interacción más compleja entre la genética y el estilo de vida. El riesgo de desarrollar esta forma de diabetes aumenta con la edad, la obesidad y la falta de actividad física. Se puede observar con más frecuencia en mujeres con Diabetes Mellitus Gestacional (DMG) previa y en personas con antecedentes de patologías como hipertensión o dislipidemia, así mismo, su frecuencia varía en diferentes subgrupos raciales y étnicos. A menudo se asocia con una fuerte predisposición genética, más que la forma autoinmune de

la DM1. Sin embargo, la genética de esta forma de diabetes es compleja y no está claramente definida (ALAD, 2019).

1.3.1 Diabetes Mellitus gestacional (DMG)

Se define como una alteración del metabolismo de los hidratos de carbono, de severidad variable, que se inicia o se reconoce por primera vez durante el embarazo. Se aplica independientemente de si se requiere o no insulina, o si la alteración persiste después del embarazo y no excluye la posibilidad de que la alteración metabólica haya estado presente antes de la gestación. La mayoría de los casos normalizan su glucemia con la resolución del embarazo. Sin embargo, el riesgo de tener diabetes a mediano plazo es mucho mayor. La incidencia de DMG ocurre en alrededor del 3-5% de todos los embarazos y a menudo se asocia con factores de riesgo maternos como sobrepeso, edad avanzada, antecedentes familiares positivos de DM tipo 2 y antecedentes obstétricos previamente complicados (ALAD, 2019).

Esta definición facilitó una estrategia uniforme para la detección y clasificación de DMG, pero sus limitaciones fueron reconocidas durante muchos años. A medida que la epidemia en curso de obesidad y diabetes ha provocado más diabetes tipo 2 en mujeres en edad fértil, ha aumentado el número de mujeres embarazadas con diabetes tipo 2 no diagnosticada (ADA, 2010).

1.3.2 Otros tipos de Diabetes Mellitus

1.3.2.1 Diabetes monogénica. Se debe a un defecto genético en genes individuales en las células β pancreáticas que da como resultado la interrupción de la función de las células β o una reducción en el número de células β . Se conoce como diabetes neonatal antes de los seis meses o diabetes joven de inicio en la madurez (MODY) antes de los 25 años. Sin embargo, ciertos defectos familiares se manifiestan en la diabetes neonatal, MODY o diabetes de inicio en la edad adulta. La diferenciación de las células beta depende de la expresión del factor de transcripción del homeodominio PDX1, donde la mutación en el gen da como resultado una diabetes de inicio temprano (MODY) y su expresión disminuye

antes del inicio de la diabetes. La proteína similar a la angiopoyetina 8 (ANGPTL8) puede representar una posible "betatrofina" que actúa para promover la proliferación de células beta(ADA, 2010).

Las mutaciones que producen insulina mutante o la incapacidad de convertir la proinsulina en insulina dan como resultado intolerancia a la glucosa en algunos de estos casos. Se ha demostrado que los defectos genéticos en el receptor de insulina o en la vía de transducción de señales de la insulina dan como resultado hiperinsulinemia e hiperglucemia moderada a diabetes grave(Kharroubi & Darwish, 2015).

1.3.2.2 Enfermedad del páncreas exocrino. El daño de las células β del páncreas debido a una lesión difusa del páncreas puede causar diabetes. Este daño podría deberse a carcinoma de páncreas, pancreatitis, infección, pancreatectomía y traumatismo. La atrofia del páncreas exocrino conduce a la pérdida progresiva de las células β . La acumulación de grasa en el páncreas o la esteatosis pancreática pueden provocar diabetes debido a la disminución de la secreción de insulina, pero pueden requerir mucho tiempo antes de que se produzcan daños en las células β . En la mayoría de los casos, se requiere un daño extenso del páncreas antes de que ocurra la diabetes y la función exocrina del páncreas disminuye en estos pacientes. La cirrosis en la fibrosis quística puede contribuir a la resistencia a la insulina y la diabetes(ADA, 2010).

1.3.2.3 Hormonas y drogas. Se ha encontrado diabetes en pacientes con enfermedades endocrinas que secretan hormonas en exceso como hormona del crecimiento, glucocorticoides, glucagón y epinefrina en ciertas endocrinopatías como acromegalia, síndrome de Cushing, glucagonoma y feocromocitoma, respectivamente. Algunas de estas hormonas se usan como medicamentos como los glucocorticoides para inhibir el sistema inmunológico y en la quimioterapia y la hormona del crecimiento para tratar a los niños con retraso en el crecimiento(ADA, 2010).

1.4 Epidemiología

A nivel mundial, 1 de cada 11 adultos tiene DM, y de estos, el 90% es de tipo 2. La aparición de la DM1 aumenta gradualmente desde el nacimiento y alcanza su punto máximo

entre los 4 y los 6 años y luego nuevamente entre los 10 y los 14 años. Aproximadamente el 45% de los niños se presentan antes de los diez años. La prevalencia en personas menores de 20 años es de aproximadamente 2,3 por 1000. Si bien la mayoría de las enfermedades autoinmunes son más comunes en las mujeres, no hay diferencias de género aparentes en la incidencia de DM1 infantil (Kharroubi & Darwish, 2015).

La aparición de la DM2 suele ser más tardía en la vida, aunque la obesidad en los adolescentes ha provocado un aumento de la DM2 en las poblaciones más jóvenes. La DM2 tiene una prevalencia de aproximadamente el 9% en la población total de los Estados Unidos, pero aproximadamente el 25% en los mayores de 65 años. La Federación Internacional de Diabetes estima que 1 de cada 11 adultos entre 20 y 79 años tenía DM en todo el mundo en 2015. Se espera que la prevalencia de DM aumente de 415 a 642 millones para 2040, con el aumento más significativo en las poblaciones en transición en cuanto a niveles de ingreso de baja a media. La DM2 varía entre los grupos étnicos y es de 2 a 6 veces más prevalente en negros, nativos americanos, indios e hispanoamericanos en comparación con los blancos en los Estados Unidos. Si bien el origen étnico por sí solo juega un papel vital en la DM2, los factores ambientales también confieren un gran riesgo de contraer la enfermedad (Sapra & Bhandari, 2021).

La DMG, se presenta en aproximadamente el 7% de todos los embarazos (que van del 1 al 14%, según la población estudiada y las pruebas diagnósticas empleadas) lo que resulta en más de 200.000 casos al año (ALAD, 2019).

En nuestro país, la Diabetes mellitus se reportó como la segunda causa de mortalidad en la población general, y de esta población, las mujeres tienen como primera causa de mortalidad la diabetes y los hombres la sitúan como tercera causa (INEC, 2014). La prevalencia en la población ecuatoriana de 10 a 59 años se sitúa en 2,7% e incrementándose en ascenso conforme aumentan los años: 10,3% en el tercer decenio vital, 12,3% en personas mayores de 60 años y en el 15,2% en población de 60 a 64 años. En términos territoriales, las provincias de la Costa y la zona Insular tienen tasas mucho más elevadas y con una mayor incidencia en mujeres (ENSANUT, 2013).

1.5 Diagnóstico

El diagnóstico de cualquier tipo de Diabetes Mellitus sintomática suele iniciar con la clínica clásica: Poliuria, polidispisa, polifagia, y pérdida inexplicable de peso, sin embargo, para cada uno de los distintas clasificaciones de esta patología, asociaciones como La Asociación Estadounidense de Diabetes (ADA) y la La Asociación Latinoamericana de Diabetes (ALAD) han establecido criterios clásicos para su abordaje inicial(ADA, 2010; ALAD, 2019).

DM1 se suele realizar a través de una historia característica respaldada por niveles elevados de glucosa sérica (glucosa en ayunas superior a 126 mg/dL, glucosa aleatoria superior a 200 mg / dl o hemoglobina A1c (HbA1c superior al 6,5%) con o sin anticuerpos contra el ácido glutámico, descarboxilasa (GAD) e insulina(ADA, 2010).

Para el diagnóstico de la DM2, tanto la ADA como la ALAD recomiendan que se puede utilizar cualquiera de los siguientes criterios en :

- Síntomas de diabetes más una glucemia casual medida en plasma venoso que sea igual o mayor a 200 mg/dL (11.1 mmol/l). Casual se define como cualquier hora del día sin relación con el tiempo transcurrido desde la última comida.

- Glucemia de ayuno medida en plasma venoso que sea igual o mayor a 126 mg/dL (7 mmol/l). Ayuno se define como un período sin ingesta calórica de por lo menos ocho horas.

- Glucemia medida en plasma venoso que sea igual o mayor a 200 mg/dL (11.1 mmol/l) dos horas después de una carga de 75 g de glucosa durante una prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG).

- Una A1c mayor o igual a 6.5%, empleando una metodología estandarizada y trazable al estándar NGSP (National Glycohemoglobin Standardization Program)(ALAD, 2019).

Para el diagnóstico en la persona asintomática es esencial tener al menos un resultado adicional de glicemia igual o mayor a las cifras que se describen en los criterios dos y tres. Si el nuevo resultado no logra confirmar la presencia de DM, es aconsejable

hacer controles periódicos hasta que se aclare la situación. En estas circunstancias el clínico debe tener en consideración factores adicionales como edad, obesidad, historia familiar, comorbilidades, antes de tomar una decisión diagnóstica o terapéutica.

Para el diagnóstico de DMG, todas las pacientes embarazadas entre las 24 y 28 semanas de gestación se deben someter a todas las pruebas de tamizaje como una prueba de provocación de glucosa en ayunas de 1 hora. Si los niveles de glucosa en sangre son superiores a 140 mg / dL, los pacientes se someten a una prueba de provocación de glucosa en ayunas de 3 horas para confirmar el diagnóstico. Una prueba se considera positiva cuando luego de 3 horas hay al menos un valor anormal (mayor o igual a 180, 155 y 140 mg / dL para una concentración de glucosa plasmática en ayunas de una hora, dos horas y tres horas, respectivamente)(ADA, 2010).

Capítulo dos

Alteraciones electrocardiográficas en diabetes mellitus

2.1 Generalidades

El amplio estudio de la Diabetes Mellitus ha permitido hace algunos años atrás se asocia esta enfermedad con un mal pronóstico cardiovascular. Aproximadamente un tercio de los pacientes con DM que cuentan con estudios electrocardiográficos presentan anomalías menores (16,0%) o mayores (13,1%). Dentro de las más frecuentes tenemos los defectos de conducción ventricular (13,9%) y las arritmias (11,0%). La prevalencia de estas alteraciones es significativamente mayor en los hombres en comparación con las mujeres. Entre los grupos de menores de 60 años y mayores de 80, la prevalencia de anomalías ECG aumenta en el segundo grupo, el cual, a su vez, presenta alteraciones ECG mayores.

Además de la edad y el sexo, factores como la HbA1c, el IMC o el colesterol HDL, el tabaquismo y la hipertensión son comorbilidades desfavorables, que también se asocian de forma directamente proporcional con anomalías ECG menores y mayores (Kittnar, 2015).

2.2 Alteraciones electrocardiográficas en pacientes con Diabetes Mellitus sintomáticos

2.2.1 Frecuencia cardíaca

Los pacientes con DM 1 presentan una frecuencia cardíaca mayor frente a controles sanos (86.3 ± 2.7 lpm vs 75.0 ± 2.1 lpm) (Kittnar, 2015).

2.2.2 Intervalo PQ

El intervalo PQ es el transcurso desde el inicio de la onda P y el comienzo de la onda QRS y significa el principio de la excitación eléctrica auricular y el comienzo de la excitación eléctrica ventricular, que en condiciones normales la duración del intervalo es de 0,16s. En este intervalo no se detectaron cambios en el intervalo PQ en estudios centrados en el análisis de ECG en pacientes con DM 1, DM 2 o DMG (Kittnar, 2015).

2.2.3 Complejo QRS

Este complejo representa la despolarización ventricular, que se produce antes de su contracción. La duración del complejo es hasta 100m/seg. Los pacientes con DM 1 presentan un complejo acortado con duración promedio de $79,9 \pm 1,6$ ms. Las mujeres que padecen DMG, pueden tener o no un acortamiento en este intervalo con valores que oscilan entre $82,0 \pm 6,8$ ms y $5,5 \pm 8,2$ ms(Kittnar, 2015).

2.2.4 Intervalos QT y QTc

Los cambios fibróticos, especialmente en el área basal del ventrículo izquierdo, se han observado con frecuencia en pacientes diabéticos, incluso cuando la afectación cardíaca aún no es clínicamente evidente. La hipoglucemia inducida por hiperinsulinemia, incluso en individuos sanos, puede prolongar el intervalo QTc y disminuir el área y la amplitud de la onda T(Harms et al., 2021; Soliman et al., 2017).

El intervalo QT refleja la duración total de la despolarización y repolarización ventricular, con una duración de aproximadamente 0,35s. y su medición se ha propuesto como un método simple y no invasivo para la mortalidad cardiovascular en diversas condiciones, incluida la DM. Dado que el intervalo QT difiere inversamente con la frecuencia cardíaca, se usa preferiblemente el intervalo QT (QTc) corregido por la frecuencia cardíaca.

En pacientes con DM, la prolongación del QTc y la disfunción autónoma están estrechamente correlacionadas, y la prolongación del QTc se considera un signo específico de disfunción cardíaca autónoma y alto riesgo de mortalidad. El alargamiento del QTc en el ECG se observó en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 (DM 1) con y sin neuropatía autónoma, lo que sugiere que la disfunción autónoma no contribuye a la prolongación del QTc inducida por hipoglucemia(Krane et al., 2009).

Los pacientes diabéticos con un QTc normal al inicio de la patología, de sexo femenino y con valores más altos de hemoglobina A 1C y presión arterial sistólica se asociaron con un mayor riesgo de QTc prolongado, mientras que la actividad física y la masa corporal normal índice eran factores protectores.

Los hallazgos con respecto a la duración de los intervalos QT y QTc suelen ser un poco controvertidos dado que en pacientes con DM1 se há encontrado un alargamiento no

significativo del QTc ($415,2 \pm 4,1$ ms frente a $401,4 \pm 6,1$ ms en los controles sanos)(Krane et al., 2009; Soliman et al., 2017)

Por su parte, en pacientes con DMG se ha encontrado una duración significativamente prolongada del intervalo QT en el grupo de ($400,4 \pm 46,3$ ms) manteniendo una correlación positiva entre el intervalo QT y el nivel de HbA1C, sin embargo, debe tenerse en cuenta que algunos hallazgos de ECG en mujeres embarazadas pueden explicarse por la disposición espacial modificada de los órganos del tórax durante el embarazo. Las mujeres con diabetes mellitus gestacional (DMG) tienen un mayor riesgo de eventos de enfermedades cardiovasculares (ECV) en comparación con las mujeres embarazadas sin DMG(Stern & Sclarowsky, 2009).

2.3 Alteraciones electrocardiográficas en pacientes con Diabetes Mellitus asintomáticos

La edad media de los pacientes diabéticos asintomáticos es de aproximadamente $50,3 \pm 11,90$ años (rango de edad 25-75 años). Las anomalías electrocardiograficas se observan con mayor frecuencia entre los 35 y los 44 años y entre los 45 y 54 años. La mayoría de los casos asintomáticos de DM2 con cambios en el ECG tienen entre 5 y 10 años de duración de esta patología y por lo general, el 70% de estos pacientes tienen un mal control glucémico(Gupta et al., 2017).

Las principales alteraciones electrocardiográficas presentes se encuentran en la frecuencia cardíaca un poco aumentada y un intervalo QT que puede estar acortado o alargado, dependiendo del estadio clínico de la enfermedad y de las comorbilidades acompañantes(Gupta et al., 2017).

2.4 Miocardiopatía diabética

Frecuentemente, no se pueden identificar anomalías cardíacas estructurales en esta etapa, puesto que las alteraciones del ECG, suelen ser bastante sutiles, sin embargo, muchas veces, pueden ser nuestra única forma de diagnosticar la miocardiopatía diabética precoz. Dentro de los principales hallazgos se pueden encontrar ondas T invertidas sutiles en las derivaciones I, III y AVL(Stern & Sclarowsky, 2009).

Debido a una falta de consenso acerca de una definición en la miocardiopatía diabética, las tasas de incidencia y prevalencia no se puede determinar con la precisión necesaria(Seferovic et.al., 2018). La etapa inicial de la miocardiopatía diabética puede estar asociada con una variedad de anomalías metabólicas e incluso con anomalías en la función diastólica. De forma general, la fase preclínica de la miocardiopatía diabética puede diagnosticarse demostrando disfunción ventricular izquierda inducida por el ejercicio, incluso cuando la función cardíaca en reposo sigue siendo adecuada(Stern & Sclarowsky, 2009)

Capítulo tres

Metodología de la Investigación

3.1. Tipo de revisión bibliográfica

El presente trabajo de investigación se refiere a una revisión de tipo documental, basándose en la búsqueda sistemática de artículos científicos, ampliando la misma con la manejo de herramientas y base de datos de la universidad, todo esto con la finalidad de cumplir con la respuesta a la pregunta de investigación planteada.

3.2. Definición de la pregunta y tema de investigación

El tema de investigación junto con la definición del título se realizó con la ayuda de la estrategia PICOT, mediante una formulación de pregunta que contenga ítems que son de vital importancia para fundar las características principales de esta revisión bibliográfica.

¿Cuál es el riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón en pacientes con diabetes mellitus y sus alteraciones electrocardiográficas?

Tabla 1

Estrategia PICOT

	Términos claves (en español) Todos los sinónimos	Lenguaje Natural (en inglés)	Lenguaje Controlado
P	Pacientes con diabetes mellitus	Population with diabetes mellitus	“General” “patients” “diabetes mellitus”
I	Electrocardiograma	Electrocardiogram	“Electrocardiograma” “Electrocardiogram”
C	Alteraciones electrocardiográficas entre pacientes con diabetes mellitus.	Electrocardiographic abnormalities among patients with diabetes mellitus	“Hallazgos” “findings” “patients” “pacientes” “Diabetes mellitus”
O	Analizar el riesgo de desarrollar	Analyze the risk of	“Riesgo”

	trastornos de la conducción eléctrica del corazón.	developing disorders of the electrical conduction of the heart.	“Risk” “disorders” “trastornos” “electrical conduction of the heart” “Conducción eléctrica del Corazon”
T	Al momento de realizar un electrocardiograma de control.	At the time of performing a control electrocardiogram.	“Electrocardiogram control”

3.3. Recopilación de datos

Para el proceso de recopilación de datos y filtración de estos, se empezó por definir términos MeSH y el uso de operadores booleanos como AND, OR y NOT, los cuales fueron combinados con palabras clave seleccionadas desde la estrategia PICOT. De esta manera se identificaron los artículos y documentos varios para la revisión bibliográfica. El operador booleano “AND” se lo utilizó para aproximar artículos en base a los términos MeSH “Diabetes Mellitus”AND “electrocardiography”, el cual daba mayor sensibilidad y especificidad en la búsqueda. El termino NOT se utilizó para excluir artículos que en su objetivo analizaban el uso de ciertos fármacos, lo cual no se requiere para el cumplimiento del objetivo a estudiar en esta revisión.

Una vez realizada la ecuación de búsqueda, el siguiente paso fue empezar con la investigación en la siguiente base de datos:

3.3.1. Pubmed

Ecuación de búsqueda: (((("electrocardiography"[MeSH Terms] OR "electrocardiography"[All Fields]) AND ("diabetes mellitus"[MeSH Terms] OR ("diabetes"[All Fields] AND "mellitus"[All Fields]) OR "diabetes mellitus"[All Fields]) AND ("2016/01/20"[PubDate] : "2021/01/22"[PubDate])) NOT ("pharmaceutical preparations"[MeSH Terms] OR ("pharmaceutical"[All Fields] AND "preparations"[All Fields]) OR "pharmaceutical preparations"[All Fields] OR "drugs"[All Fields])) AND "risk"[All Fields]) NOT "metabolic syndrom"[All Fields]

Mediante la construcción de esta ecuación y filtrar a los artículos que tengan acceso abierto, se lograron rescatar 1840 artículos, de los cuales, después de una exhaustiva selección mediante criterios de inclusión y exclusión (ver apartado de resultados) se analizarán 10 artículos.

3.3.2. ScienceDirect

Al utilizar los términos MeSH “Diabetes Mellitus” AND “electrocardiography”, se rescató 1309 artículos. Cuando se limitó la búsqueda a 5 años máximo de actualización (2017-2021), se obtuvieron 208 resultados en total y finalmente al filtrar estos artículos para obtener solo artículos que estén suscritos a Sciedirect y que solamente sean artículos originales , se pudo obtener 118 artículos. Tras analizar los diferentes artículos y aplicar criterior de inclusión y exclusión, se rescataron 3 artículos para la respectiva revisión del presente trabajo de investigación (Ver apartado de Resultados, Figura 1).

Tabla 2.

Ecuaciones de búsqueda y sus limitadores

Base de Datos	Descriptorios y operadores Booleanos para la ecuación de búsqueda	Limitadores
PUBMED	<pre> ((((("electrocardiography"[MeSH Terms] OR "electrocardiography"[All Fields]) AND ("diabetes mellitus"[MeSH Terms] OR ("diabetes"[All Fields] AND "mellitus"[All Fields]) OR "diabetes mellitus"[All Fields]) AND ("2016/01/20"[PubDate] : "2021/01/22"[PubDate])) NOT ("pharmaceutical preparations"[MeSH Terms] OR ("pharmaceutical"[All Fields] AND "preparations"[All Fields]) OR "pharmaceutical preparations"[All Fields] OR "drugs"[All Fields])) AND "risk"[All Fields]) NOT "metabolic syndrom"[All Fields] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> - Publicaciones de los últimos 5 años. - Acceso abierto a los artículos. - Texto Completo - Tipos de artículos a utilizar: <ul style="list-style-type: none"> o Estudio observacional. o Estudio Clínico o Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado. o Metaanálisis o Estudio de cohorte. o Estudio de casos y controles. - Idioma: inglés-español

		<ul style="list-style-type: none"> - Especies: Humanas - Criterior de exclusión e inclusión.
ScienceDirect	<ul style="list-style-type: none"> - “Diabetes Mellitus” AND “electrocardiography” - “Diabetes mellitus” AND “arrhythmia” 	<ul style="list-style-type: none"> - Publicaciones de los últimos 5 años. - Acceso abierto a los artículos. - Texto Completo - Tipos de artículos a utilizar: <ul style="list-style-type: none"> o Estudio observacional. o Estudio Clínico o Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado. o Metaanálisis o Estudio de cohorte. o Estudio de casos y controles. - Artículos suscritos a Sciencedirect. - Idioma: inglés-español - Especies: Humanas Criterior de exclusión e inclusión.

3.4. Criterios de inclusión y exclusión

3.4.1. Criterios de inclusión

- Artículos dentro del marco de 5 años desde su publicación (desde el 2016/01/20 al 2021/01/22)
- Artículos originales
- Artículos relacionados con el objetivo del tema de revisión.
- Artículos en idioma español e inglés
- Estudios hechos en seres humanos

3.4.2. Criterios de exclusión

- Artículos repetidos en otra base de datos
- Artículos fuera del marco de 5 años desde su publicación
- Artículos no relacionados con el objetivo del tema a revisar
- Artículos que no se encuentran en texto completo
- Estudios hechos en animales

Capítulo cuatro

Resultados

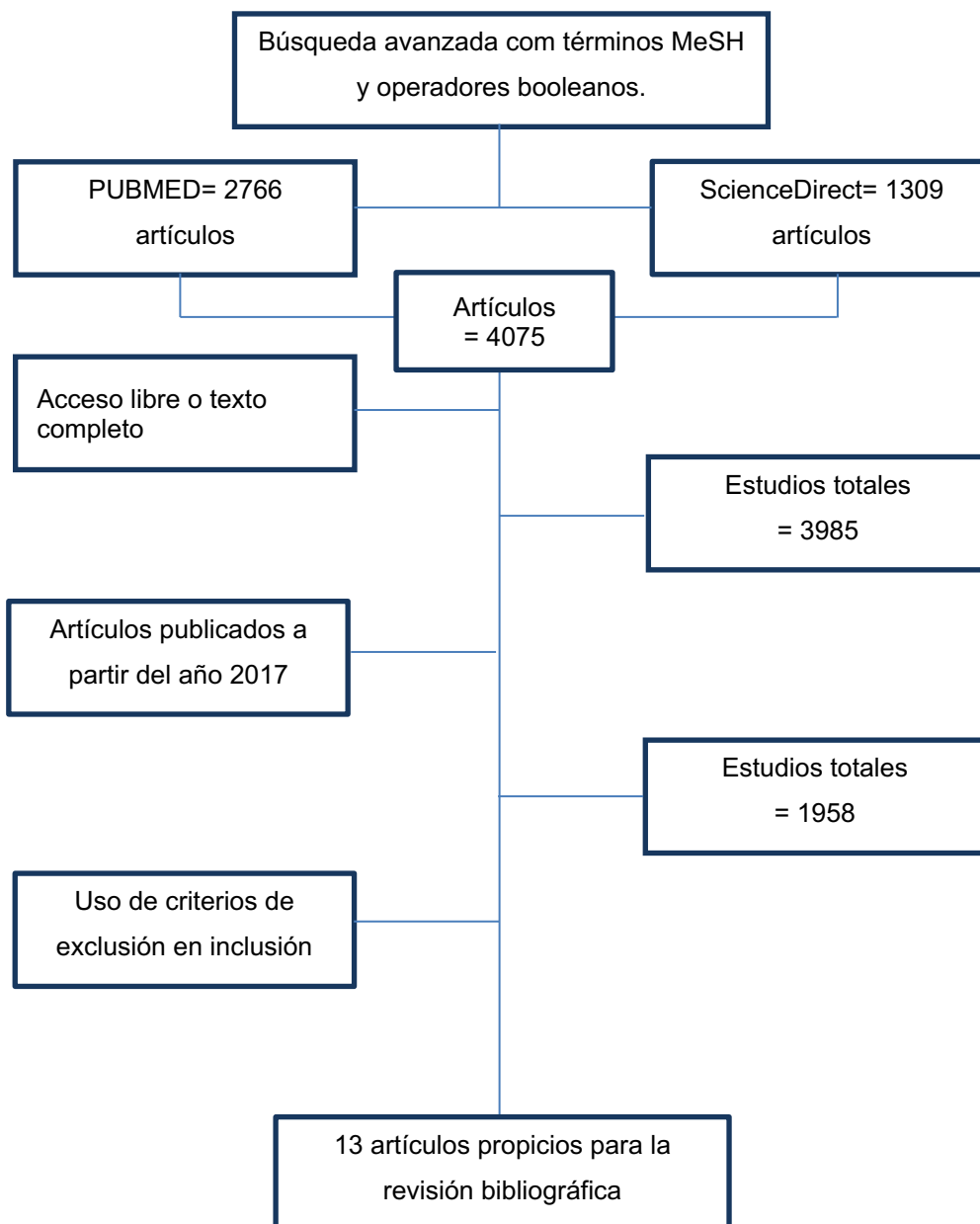
4.1. Extracción de resultados

Mediante una investigación en la base de datos PUBMED y ScienceDirect, se extrajeron un total de 4075 artículos. El primer criterio de inclusión aplicado fue el que se precise la necesidad de que los artículos tengan acceso libre o el texto se encuentre completo, dejándonos un total de 3985 artículos y sucesivamente se fueron aplicando criterios de inclusión y exclusión como artículos publicados a partir del año 2017 y encaminados a que los resultados de los artículos estén acorde al objetivo planteado de la presente revisión bibliográfica, para finalmente obtener un total de 13 artículos a analizar.

4.2. Diagrama de flujo de extracción de resultados

Figura 1

Diagrama de flujo de resultados



4.3. Calidad de los artículos

Una vez realizada la extracción de artículos propicios para esta revisión bibliográfica, se procede a revisar y analizar la metodología y resultados de los 13 artículos puestos a responder a la pregunta de investigación, de esta manera se valora la naturaleza de los artículos y si los criterios de inclusión y exclusión estén presentes en los mismos, cumpliendo con los objetivos planteados.

4.4. Características de los artículos a estudiar

Se utilizaron un total de 13 artículos para la presente revisión narrativa, todos ellos publicados en idioma inglés. La línea temporal de estos artículos se limitó a 5 años de actualización, desde el año 2017 hasta el año 2021.

4.5. Desarrollo de resultados

Los artículos encontrados están organizados en la Tabla 3 de forma que destaquen los siguientes ítems: el primer autor, el título, el año de publicación, el tipo de estudio, el objetivo y los resultados del artículo; de esta manera, se podrá realizar un análisis más exhaustivo de los estudios realizados en pacientes con diabetes mellitus para dar paso al reconocimiento de los resultados pertinentes para la presente revisión bibliográfica.

Tabla 3

Desarrollo de resultados.

Primer autor	Título	Año	Tipo de estudio	Objetivo del estudio	Resultados
Patel et al.	Carga de arritmias y mortalidad hospitalaria asociada en la diabetes mellitus aguda descompensa	2021	Estudio de cohorte	Medir la tendencias temporales y frecuencia acumulada en la prevalencia de arritmias cardíacas en	La prevalencia de arritmias supraventriculares y ventriculares fue de 2965 y 446 por 100.000 ingresados por Diabetes Mellitus

	da			pacientes ingresados con Diabetes Mellitus con descompensación aguda.	con descompensación aguda, respectivamente. Además, la prevalencia de arritmias y fibrilación auricular en estos pacientes aumento en un 20,4% y un 38,1%, respectivamente.
Bernjak et al.	Arritmias cardíacas y respuestas electrofisiológicas durante la hiperglucemia espontánea en adultos con diabetes mellitus tipo 1	2021	Estudio observacional	Examinar el efecto de la hiperglicemia en un mismo grupo poblacional y su relación con la variabilidad de la frecuencia cardíaca, características electrofisiológicas cardíacas y riesgo relativo individual de arritmias cardíacas en comparación con la euglucemia	Como resultados principales se observó acortamientos no significativos del intervalo QTc acompañado de acortamiento de la repolarización ventricular, todo esto durante momentos de hiperglucemia.

				emparejada	
Dahlqvist et. al.	Riesgo de fibrilación auricular en personas con diabetes tipo 1 en comparación con controles emparejados de la población general: un estudio prospectivo de casos y controles	2017	Estudio de casos y controles	Investigar el riesgo de desarrollar una fibrilación auricular en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 comparado con la población general y si el riesgo depende del control glucémico o de complicaciones renales.	El riesgo de fibrilación auricular fue diferente entre hombres y mujeres con diabetes tipo 1, ya que en ellos el riesgo de fibrilación auricular aumentó ligeramente con una razón de riesgo (HR) ajustada de 1 · 13 (95% CI 1 · 01-1 · 25; p = 0 · 029), por otro lado, para el grupo de mujeres el riesgo de FA fue un 50% más alto con una razón ajustada de 1 · 50 (1 · 30-1 · 72; p <0 · 0001).
Andersen et. al.	Hipoglucemia aguda y riesgo de arritmias cardíacas en la diabetes tipo 2 tratada con insulina y	2021	Estudio de intervención mecanicista no aleatorizada	Investigar el efecto de la hipoglucemia en un el marco de fluctuaciones glucémicas en el intervalo QTc,	El intervalo QTc aumentó durante eventos hipoglucémicos que fueron a causa de la insulina, siendo

	controles		do	ritmo cardíaco y la respuesta hormonal contrarreguladora en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 tratados con insulina.	este aumento significativo para ser un riesgo de causar síncope, parada cardíaca y muerte súbita en estos pacientes.
Yagi et. al.	Alta prevalencia de QRS fragmentado en la electrocardiografía en pacientes japoneses con diabetes independiente mente del síndrome metabólico	2021	Estudio observacional, transversal y retrospectivo.	Esclarecer la relación de QRS fragmentado en la electrocardiografía con pacientes que son diagnosticados con diabetes mellitus y síndrome metabólico	Los resultados arrojaron una mayor frecuencia de fragmentación del QRS en pacientes con diagnóstico de diabetes mellitus, en comparación con aquellos pacientes sin diabetes mellitus, con una prevalencia estadísticamente mayor en pacientes con diabetes mellitus independientemente de otros factores de riesgo estudiados.
Inanır et. al.	Evaluación de las variables	2020	Estudio de casos	Evaluar los marcadores	La frecuencia cardíaca los

	electrocardiográficas de despolarización y repolarización ventricular en la diabetes mellitus tipo 1		y controles	electrocardiográficos arritmogénicos en pacientes con diabetes mellitus tipo 1.	intervalos QTc, QTd, QTdc, Tp-e y JTc, y las relaciones Tp-e / QT y Tp-e / QTc fueron, en su valor de medición respectivo, significativamente más alta en pacientes con DM1 que en los pacientes del grupo control, además la correlación entre el tiempo de la diabetes mellitus tipo 1 y los niveles de HbA1c se correlacionaron significativamente con los intervalos QTc, QTd, QTdc, Tp-e y JTc, y las relaciones Tp-e / QT y Tp-e / QTc.
Sun et al.	La diabetes mellitus es un factor de riesgo independiente	2016	Estudio transversal	Explorar la asociación entre fibrilación auricular y diabetes	Los resultados arrojados a través de este estudio estadístico mostraron que en

	de fibrilación auricular en una población china en general			mellitus en una población general china y la influencia con la hipertensión.	pacientes con diabetes mellitus, la fibrilación auricular aparece como un trastorno de prevalencia significativa en estos pacientes, a comparación de pacientes sin diabetes mellitus.
Kuzu, F.	The effect of type 2 diabetes on electrocardiographic markers of significant cardiac events	2018	Estudio retrospectivo	Comparar las relaciones Tp-e / QT y Tp-e / QTc, la dispersión QT y la dispersión QT corregida, el intervalo Tp-e, la dispersión P (Pd) y la dispersión Tp-e, entre pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2 y casos controles con una población sana.	Los valores del intervalo QT, QTc, QTd y QTcd fueron significativamente más altos en el grupo de pacientes con diabetes mellitus que en el grupo control sano. Los valores de intervalo Tp-e, dispersión Tp-e y relación Tp-e / QT y Tp-e / QTc fueron significativamente más altos en los pacientes diabéticos que en los del grupo de

					control sano
Agarwa I, G., & Singh, S. K.	Arrhythmias in Type 2 Diabetes Mellitus.	2017	Estudio transversal	Estudiar la prevalencia de los diferentes tipos de arritmias cardíacas en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 y en particular en asociación con neuropatía autonómica cardíaca	La arritmia más comun encontrada en los pacientes estudiados con diabetes mellitus, fue la taquicardia sinusal en el 32% de los pacientes. En el 20% de los pacientes se encontró bloqueo cardíaco completo, el 15% de los pacientes tenían bradicardia sinusal y el 15%, al igual, se encontró fibrilación auricular en el estudio por electrocardiografía. El 3% tenían bloqueo auriculoventricular de 1er grado mientras que el 1% tenía taquicardia

					<p>supraventricular paroxística y el otro 1% tenía taquicardia ventricular. Además, se asoció la relación de un mal control glucémico con la fibrilación auricular.</p>
<p>Pamukcu, HE, Et al.</p>	<p>Diabetic microvascular complications associated with myocardial repolarization heterogeneity evaluated by Tp-e interval and Tp-e/QTc ratio</p>	<p>2020</p>	<p>Estudio observacional transversal</p>	<p>Investigar la relación Tp-e/QTc y el intervalo Tp-e en pacientes diabéticos con y sin complicaciones microvasculares .</p>	<p>Para el siguiente estudio se descartaron pacientes con antecedentes de enfermedad arterial coronaria, valculopatías, inserción de marcapasos previa al estudio, cualquier tipo de arritmias, cardiomiopatía, etc. Posteriormente realizaron pruebas en donde encontraron 148 pacientes de 240 pacientes, con enfermedad</p>

					<p>microvascular, con los siguientes porcentajes: neuropatía diabética de 30,4%, nefropatía diabética de 38,4% y retinopatía diabética de 21,7%. Al momento de realizar el electrocardiograma, los resultados arrojaron que los pacientes confirmados con complicaciones vasculares (nefropatía o retinopatía) se asoció con una prolongación significativa del cociente Tp-e/QTc.</p>
Ragab et. al.	Fragmented QRS Complex is Independently Associated with	2019	Estudio retrospectivo	Investigar la relación entre QRS fragmentado con la reserva de flujo	La fragmentación del complejo QRS se dio en el 62% de los pacientes con diabetes mellitus y se

	Coronary Microvascular Function in Asymptomatic Patients with Diabetes Mellitus			coronario y disfunción cardíaca en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 asintomáticos	relacionó con una menor reserva de flujo coronario.
Isaksen , JL., Et al.	Type 1 diabetes is associated with T-wave morphology changes. The Thousand & 1 Study	2018	Estudio de cohorte	Investigar los diferentes tipos de morfología de la onda T en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 sin enfermedad cardíaca conocida.	Las ondas T de los pacientes con diabetes mellitus en comparación con la población de fondo, eran más asimétricas y planas, con la consecuente alteración de la repolarización cardíaca en pacientes con diabetes mellitus.
Isaksen , JL., Et al.	Cardiac repolarization and depolarization in people with Type 1 diabetes with normal ejection fraction and without known heart disease:	2018	Estudio de casos y controles	Investigar el tiempo de duración en el intervalo QTc o en la despolarización, repolarización, en pacientes con diabetes mellitus tipo 1.	El intervalo QTc mostraron resultados más largos en el grupo de las personas con diabetes mellitus tipo 1 en comparación con el grupo de control. Por otro lado, la despolarización

	a case-control study				cardíaca aumenta a cualquier edad mientras que la repolarización solo aumenta, relativamente en pacientes jóvenes con diabetes mellitus tipo 1
--	----------------------	--	--	--	--

En New York, USA, se llevó a cabo un estudio con el título “Carga de arritmias y mortalidad hospitalaria asociada en la diabetes mellitus aguda descompensada” por los autores Patel Et al. (2021). Su objetivo fue medir las tendencias temporales y la frecuencia acumulada en la prevalencia de arritmias cardíacas en pacientes ingresados con Diabetes Mellitus con descompensación aguda (ADDM), para lo cual identificaron, desde el 2010 al 2014, un total de 874,107 hospitalizados por diabetes aguda descompensada y de esta población, 87,970 pacientes fueron asociados con arritmias con una prevalencia en edad desde los 18 a 44 años y mayor prevalencia en mujeres. La frecuencia global de encuentros arritmogénicos fue de 10.064 por cada 100.000 hospitalizaciones debido a ADDM, aumentando su prevalencia de arritmias desde 9,3% en el año 2010 al 11,2% en el año 2014. La fibrilación auricular fue la arritmia con mayor prevalencia, ya que el aumento fue del 2,1% en 2010 al 2,9% en 2014, con un aumento relativo del 38,1%. La cohorte diabetes mellitus aguda descompensada con arritmia puso a prueba la probabilidad de mortalidad, demostrando que la probabilidad es de casi 4 veces mas alta en estos pacientes en comparación con la cohorte sin arritmia. Por lo tanto, este estudio reveló un aumento relativo del 20%, siendo un aumento sustancial en la prevalencia de arritmias cardíacas en pacientes con diabetes mellitus aguda descompensada.

El siguiente estudio observacional realizando por Bernjak et al. (2021), tuvieron como objetivo el efecto de la hiperglicemia en un mismo grupo poblacional y su relación con

la variabilidad de la frecuencia cardíaca, características electrofisiológicas cardíacas y riesgo relativo individual de arritmias cardíacas en comparación con la euglucemia emparejada. Realizado en Reino Unido, tomaron como población a un total de 37 individuos con diabetes mellitus tipo 1 (DM1) y sin antecedentes de enfermedad cardiovascular, con criterios de exclusión como pacientes que toman antiarrítmicos o agentes que prolongan el intervalo QT y con tasa de filtración glomerular $<30\text{ml}/\text{min}/1,73\text{m}^2$ (ya que existe riesgo de anomalías electrolíticas que alteren la repolarización cardíaca), así como bloqueo de rama o fibrilación auricular. Todos los participantes se sometieron a 96h de electrocardiograma Holter de 12 derivaciones. La hiperglucemia se definió como $\text{IG} \geq 15 \text{ mmol/L}$. La duración del intervalo QTc registrada durante la hiperglucemia frente a la euglucemia fue relativamente igual, de 21ms frente a 20ms. La $T_{p} - T_{\text{final}c}$ disminuyó significativamente durante la hiperglicemia vs la euglicemia, haciendo referencia al acortamiento de la repolarización ventricular. En cuanto a la simetría de la onda T, durante la hiperglicemia fue significativamente mayor vs la euglicemia. La frecuencia cardíaca se elevó durante los episodios de hiperglicemia. Además, las arritmias detectadas se limitaron a latidos ectópicos aislados y a bradicardia, siendo estas últimas en bajo número.

Para evaluar el riesgo de fibrilación auricular en personas con diabetes mellitus tipo 1, Dahlqvist et al. (2017) tuvieron como objetivo para su estudio prospectivo de casos y controles, investigar el riesgo de desarrollar una fibrilación auricular en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 comparado con la población general y si el riesgo depende del control glucémico o de complicaciones renales. Sus resultados arrojaron datos muy interesantes, después de aplicar criterios de exclusión e inclusión, se basaron en una cohorte de 36 258 pacientes con diabetes mellitus tipo 1 y 179 980 controles de manera emparejada; y con 614 (2%) pacientes y 4380 (2%) controles de manera excluida, para posteriormente realizar el estudio respectivo. Cabe destacar que es el primer gran estudio prospectivo que analiza la relación de la diabetes con la fibrilación auricular. En sus resultados, se informa un mayor riesgo de fibrilación auricular en mujeres como en hombres con diabetes mellitus tipo 1, pero el exceso de riesgo de fibrilación auricular se dio más en

mujeres comparado con el grupo de control en la mayoría de las categorías analizadas, como el deterioro de control glucémico o función renal.

En el año 2021, Andersen Et al., realizaron un estudio de intervención mecanicista no aleatorizado para investigar el efecto de la hipoglucemia en un el marco de fluctuaciones glucémicas en el intervalo QTc, ritmo cardíaco y la respuesta hormonal contrarreguladora en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 tratados con insulina. Se tomo como población a pacientes con diabetes mellitus tipo 2 tratados con insulina y, con criterios de exclusión (antecedentes de arritmia, desfibrilador cardíaco implantable o marcapasos, insuficiencia cardíaca grave, etc.), se tomaron a 21 personas con una HbA1c de $6,8 \pm 0,5\%$. Por otro lado, para el grupo control, de igual forma, se tomaron 21 pacientes con una HbA1c de $5,3 \pm 0,3\%$. Todos estos pacientes se sometieron a ECG Holter de tres derivaciones. En los resultados, el intervalo QTc aumentó significativamente durante la hipoglucemia aguda que fue promovida por insulina en pacientes con diabetes tipo 2 en comparación con la población del grupo control. La incidencia de latidos ventriculares prematuros también aumentó, pero en este caso, este aumento se observó en ambos grupos. En cuanto a la frecuencia cardíaca, esta fue mayor en el grupo de pacientes con diabetes tipo 2 cuando se comparó los controles durante una fase de prueba de glucosa en ayunas.

Ragab et.al. (2019) realizaron un estudio en el cual estudiaban a 129 participantes con diabetes mellitus y estos eran asintomáticos, para posteriormente realizarles un electrocardiograma de 12 derivaciones y poder relacionar la frecuencia de presencia de la fragmentación del complejo QRS y asociar, además, con una reserva de flujo coronario y disfunción cardíaca. En este estudio, lo que corresponde analizar es la frecuencia de la fragmentación del complejo QRS, el cual estuvo presente en el 62% de los pacientes.

Mediante un estudio de casos y controles Isaksen et. al. (2018), se plantearon el objetivo de investigar el tiempo de duración en el intervalo QTc o en la despolarización, repolarización, en pacientes con diabetes mellitus tipo 1, mediante su estudio de casos y controles denominado "Repolarización y despolarización cardíacas en personas con

diabetes tipo 1 con fracción de eyección normal y sin enfermedad cardíaca conocida: un estudio de casos y controles”. Mediante el uso del estudio “The Thousand & 1 Study”, se pudo captar a 855 participantes con diabetes mellitus tipo 1 y sin ningún otro trastorno o enfermedad cardiovascular, fracción de eyección >50% y sin trastornos en la conducción eléctrica del corazón. Para el grupo control se tomó en cuenta 1710 pacientes sin diabetes mellitus. Los resultados fueron los siguientes: la diabetes mellitus tipo 1 estuvo asociada con un incremento significativo de la frecuencia cardíaca en reposo y del complejo QRS. El intervalo QTc también presentó un significativo alargamiento, en especial en los jóvenes con diabetes mellitus 1 cuando se realizó la comparación por edades. El complejo QRS con una frecuencia cardíaca corregida aumenta en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 en comparación con el grupo control, y este es independientemente a la edad ($p=0,5$). Por otro lado, el intervalo JT fue mayor en pacientes jóvenes con diabetes mellitus, pero no en personas mayores con la enfermedad, todo esto en comparación con los participantes del grupo control sin la enfermedad.

Yagi Et. Al. (2021), con su estudio denominado “Alta prevalencia de QRS fragmentado en la electrocardiografía en pacientes japoneses con diabetes independientemente del síndrome metabólico”. Su objetivo fue esclarecer la relación de QRS mediante la investigación de la presencia y frecuencia de un QRS fragmentado mediante electrocardiografía con pacientes que son diagnosticados con diabetes mellitus y síndrome metabólico. Con su estudio observacional, transversal y retrospectivo, 702 personas se tomaron como la población a investigar, y previo a chequeos de rutina, se clasificaron en los siguientes grupos: diabetes mellitus (+) y síndrome metabólico (MetS) (+) fueron 164 participantes; diabetes mellitus (+) y MetS (-) fueron 103 participantes; diabetes mellitus (-) y MetS (+) fueron 133 participantes; diabetes mellitus (-) y MetS (-) fueron 303 participantes. En esta revisión bibliográfica, los resultados que tienen mayor relevancia para el objetivo planteado, es que los autores encontraron fragmentación del complejo QRS (fQRS) estadísticamente mayor en los participantes con diabetes mellitus que en participantes sin esta enfermedad, con el 34% y 14% respectivamente. En comparación con

el grupo de control sin diabetes mellitus, en los pacientes con diabetes mellitus aumentaba más de tres veces la probabilidad de mostrar fQRS. Al evaluar la prevalencia de fQRS en participantes con diabetes mellitus independientemente de otros factores de riesgo como lo es la HTA, dislipidemia y adiposidad visceral, esta prevalencia fue estadísticamente más alta que en pacientes solo con los factores de riesgo y los participantes del grupo de control.

Para evaluar los marcadores electrocardiográficos arritmogénicos en pacientes con diabetes mellitus tipo 1, Inanir et. al. (2020) realizaron un estudio de casos y controles, con una población de 46 pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 1 (DM1) en comparación con 46 controles sanos. Posteriormente fueron emparejados por edad, masa corporal y sexo, correlacionándolos con la duración de la enfermedad, la HbA1c y las variables de repolarización y por último se realizaron electrocardiogramas de 12 derivaciones. Como resultado se obtuvo que la frecuencia cardíaca, las relaciones $Tp-e/QT$ y $Tp-e / QTc$, así como los intervalos QTc , QTd , $QTdc$, $Tp-e$ y JTc , fueron significativamente más altas en los pacientes con DM1. Además la correlación intervalos QTc , QTd , $QTdc$, $Tp-e$ y JTc , y las relaciones $Tp-e / QT$ y $Tp-e / QTc$ fueron significativamente proporcionales a la duración de la enfermedad en cuestión y a los niveles de HbA1c. Por lo tanto estos aumentos significativos y proporcionales a la enfermedad pueden ser asociados con arritmias ventriculares y muerte súbita.

En el año 2016, se realizó un estudio transversal cuyo objetivo era explorar la asociación entre fibrilación auricular y diabetes mellitus en una población general china y la influencia con la hipertensión. Sun et.al. (2016) denominaron a su estudio como “La diabetes mellitus es un factor de riesgo independiente de fibrilación auricular en una población china en general”. Participaron un total de 11 956 residentes de la provincia de Liaoning-China. Para encontrar la asociación entre la enfermedad y la fibrilación auricular, se realiza en base a los hallazgos de un electrocardiograma de 10 segundos y de 12 derivaciones en reposo. Sus resultado arrojaron que la prevalencia de fibrilación auricular fue significativamente mayor en el grupo de participantes con diabetes mellitus frente a

aquellos sin diabetes, así como el aumento abrupto de la prevalencia de FA junto con la edad ascendente de los participantes con diabetes mellitus. Esta prevalencia sigue siendo positiva después de un ajuste con otros factores de riesgo cardiovascular.

En Turkia, Kuzu F. (2018) denominaron a su estudio como “El efecto de la diabetes tipo 2 sobre los marcadores electrocardiográficos de eventos cardíacos significativos.”. Se plantearon el objetivo de comparar las relaciones $Tp-e / QT$ y $Tp-e / QTc$, la dispersión QT y la dispersión QT corregida, el intervalo $Tp-e$, la dispersión P (Pd) y la dispersión $Tp-e$, entre pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2 y casos controles con una población sana. La población tomada en cuenta fue de un total de 200 participantes, 100 de ellos fueron diagnosticados con DM2 en comparación de los otros 100 participantes del grupo control que estaban sanos, para posteriormente ser evaluados mediante electrocardiograma de 12 derivaciones. Sus resultados arrojaron que: la frecuencia cardíaca media fue significativamente mayor en pacientes con DM2 que en el grupo de participantes sanos. La onda P y dispersión de onda p fueron mayores en pacientes que en grupo control. El intervalo QT, intervalo QTc y $QTcd$ fueron significativamente mayor en el grupo de DM2 e igualmente ocurrió con los valores de intervalo $Tp-e$, dispersión $Tp-e$, $Tp-e / QT$ y $Tp-e / QTc$. Todo esto aumenta el riesgo de arritmias, por lo tanto, evaluando los parámetros ya descritos, se puede realizar prevención de la enfermedad.

Con el título “Arritmias en diabetes mellitus tipo 2”, Agarwal, G., & Singh, S. K. (2017), mediante un estudio transversal se estudiaron la prevalencia de los diferentes tipos de arritmias cardíacas en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 y en particular en asociación con neuropatía autonómica cardíaca. La investigación duró 2 años y añadió a 100 participantes con diabetes mellitus (60 hombres y 40 mujeres) que presentaban arritmias cardíacas obtenidas mediante ECG como prueba de control, además de otras pruebas como niveles de HbA1c, niveles de azúcar en sangre, examen de orina, prueba de electrolitos séricos, así como añadir el análisis del intervalo QTc , QTd , intervalo $Tp-e$, relación $Tp-e / QT$, relación $Tp-e / QTc$. Como complementarias se realizó Holter y pruebas

de esfuerzo. En orden de prevalencia, la taquicardia sinusal se encontró en el 32% de los pacientes, en el 20% de los pacientes se descubrió bloqueo cardíaco completo. El 15% de los pacientes tenían bradicardia sinusal y el 15%, al igual, se encontró fibrilación auricular en el estudio por electrocardiografía. El 3% tenían bloqueo auriculoventricular de 1er grado mientras que el 1% tenía taquicardia supraventricular paroxística y el otro 1% tenía taquicardia ventricular. Además, se asoció la relación de un mal control glucémico, en 55 de los 100 participantes, a las arritmias cardíacas de modo que: 16 tenían taquicardia sinusal, 12 tenían bloqueo cardíaco completo, 5 tenían bradicardia sinusal, 10 tenían fibrilación auricular y 7 tenían complejo ventricular prematuro. En el estudio, se demostró que el 76% de los participantes tenían QTd aumentado, correlacionándolo con mayor riesgo de arritmia. La repolarización ventricular y su dispersión se vio alterada ya que el intervalo Tp-e, el cociente Tp-e / QT y el cociente Tp-e / QTc se prolongaron en el 73% de los pacientes. En cuanto a la neuropatía autonómica cardíaca, 70 pacientes pudieron someterse a pruebas para detectar esta neuropatía, y de estos, 64 pacientes con diabetes mellitus presentaron este trastorno. De los 64 pacientes con neuropatía autonómica cardíaca, 56 pacientes presentaron neuropatía asociada a QTc prolongado. Existieron 20-30% de los pacientes que presentaron hipoglucemia y al control con el ECG, se observó que desarrollaron prolongación del QTc y arritmias cardíacas.

En un estudio observacional transversal hecho por Pamukcu, HE., Et al (2020), cuyo objetivo fue investigar la relación Tp-e/ QTc y el intervalo Tp-e en pacientes diabéticos con y sin complicaciones microvasculares, se evaluó a 1012 pacientes con DM tipo 2 diagnosticados previamente entre septiembre del 2018 a septiembre del 2019. Los criterios de exclusión fueron el diagnóstico de arritmias, valvulopatía moderada a grave, enfermedad arterial coronaria, inserción de marcapasos, cardiomiopatía, presencia de enfermedad renal, hepática o tiroidea, presencia de valores anormales de electrolitos y algún tratamiento con antiarrítmicos o cualquier fármaco que altere los intervalos Tp-e y QTc. Los pacientes que fueron incluidos en el estudio después de evaluar los criterios de exclusión fueron 240 pacientes para finalmente evaluarlos por complicaciones microvasculares como lo fue la

neuropatía periférica diabética, la retinopatía diabética y la enfermedad renal diabética, siendo esta última la tasa de mayor prevalencia como enfermedad microvascular. Fueron 148 pacientes los que tuvieron al menos una complicación microvascular y los 92 restantes no lo tuvieron. A estos pacientes se les realizó un electrocardiograma de 12 derivaciones estándar y para las mediciones del intervalo QT y Tp-e se llevaron a cabo manualmente, mientras que para la relación Tp-e/QtC fueron calculados a partir de las mediciones de los intervalos. Los resultados arrojados en el presente estudio se dieron mediante la asociación de la presencia de complicaciones microvasculares y la prolongación de Tp-e/QtC, asociando fuertemente la prolongación con la presencia de retinopatía y nefropatía diabética, además de asociarse con la gravedad de la retinopatía, asociando estas alteraciones en el electrocardiograma a la evolución y riesgo de complicaciones microvasculares cardíacos y un alto riesgo de arritmogénesis ventricular.

Según un estudio de cohorte realizado en el año 2018, los autores Isaksen et. al., investigaron los diferentes tipos de morfología de la onda T en 855 pacientes con diabetes mellitus tipo 1 sin enfermedad cardíaca conocida. Para su metodología se emparejaron los pacientes con DM1 con una población base de 1710 participantes libres de diabetes en una relación 1:2. Para la población con diabetes se usaron criterios de exclusión como lo es la enfermedad cardíaca conocida, fracción de eyección <50% y anomalías en la conducción eléctrica del corazón (aleteo auricular, fibrilación auricular y bloqueo de rama izquierda, además de la presencia de un desfibrilador automático implantable o un marcapasos. Para su método de evaluación, se les realizó a los dos grupos un ECG de 12 derivaciones en 10 s y en reposo, pudiendo evaluar la frecuencia cardíaca, la duración del complejo QRS, intervalo QT, puntuación combinada de morfología con sus subcomponentes (asimetría, planitud y presencia de muescas de la onda T). Además, el intervalo QTc también fue informado. Los resultados arrojaron asimetría de las ondas T y también su aplanamiento, obteniendo una puntuación combinada de morfología en onda T más alta en pacientes con DM1 en comparación con su grupo control. La frecuencia cardíaca fue significativamente

mayor en pacientes con DM1, así como lo fue de igual manera el intervalo RR, la duración QRS y el intervalo corregido de QT.

Capítulo cinco

Discusiones

5.1. Una vista general del riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón.

El estudio de la prevalencia de los diferentes trastornos de la conducción eléctrica del corazón de manera general lo realizaron (Agarwal, G., & Singh, S. K., 2017), cuyos resultados nos indican que la mayor prevalencia en la presentación de arritmias en pacientes con diabetes mellitus (DM) es la taquicardia sinusal con un porcentaje del 32% de los pacientes estudiados, seguido por un bloqueo cardíaco completo, bradicardia sinusal y fibrilación auricular. Además, la taquicardia sinusal también estuvo relacionada con un mal control glucémico medido a través de la HbA1c.

La frecuencia de desarrollar arritmias es de 10 649 por cada 100 000 pacientes que trascurren con arritmias cardíacas en una diabetes mellitus aguda descompensada (Patel et. al., 2021) aumentando su prevalencia conforme pasa el tiempo, entonces se puede afirmar que la DM es un riesgo dependiente del tiempo de evolución de la enfermedad para el desarrollo de trastornos de la conducción eléctrica del corazón.

Como dato adicional, (Sun et.al., 2016) en pacientes con diabetes mellitus existió un aumento de 1,7 veces de desarrollar una hipertrofia ventricular izquierda (HVI) diagnosticada por electrocardiograma, en comparación con su grupo de control. Por lo tanto existe un mayor riesgo de arritmias supraventriculares dependientes del desarrollo de la HVI.

5.2. Fibrilación auricular

La fibrilación auricular se presentó en la mayoría de los estudios analizados, es tanto que (Kuzu F., 2018) estudiaron la onda P y dispersión de onda P como factores de riesgo para desarrollar fibrilación auricular o aleteo auricular. Sus resultados demostraron que la presentación de estos últimos fue mayor en pacientes que tenían diabetes mellitus en comparación con los participantes del grupo control. Para apoyar a esta afirmación, se

suma un estudio que tuvo el objetivo de explorar la asociación entre fibrilación auricular y diabetes mellitus en una población general china (Sun et.al., 2016) se afirma que la mayor prevalencia de fibrilación auricular fue en el grupo de participantes cursantes con diabetes mellitus que en el grupo de control sin la enfermedad, además de tener una relación directamente proporcional con la edad, por lo tanto, a más edad existe más riesgo de fibrilación auricular

La prevalencia de fibrilación auricular en pacientes con diabetes mellitus es igual en hombres que en mujeres, pero existió un exceso de riesgo de la FA que se dio más en las mujeres (Dahlqvist et al., 2017).

En episodios de diabetes mellitus con una descompensación aguda, la arritmia que con más frecuencia se presentó fue la fibrilación auricular y su aumento relativo estuvo relacionado con la evolución en tiempo de la enfermedad, ya que en 4 años fue del 38.1% su aumento. (Patel et. al., 2021). Es por esto que, como consecuencia de descompensaciones de diabetes, se debe analizar el riesgo de trastornos de la conducción eléctrica de aurículas cardíacas.

5.3. Trastornos de la conducción eléctrica ventricular del corazón

En la mayoría de los artículos analizados se realizaba una relación entre la diabetes mellitus y marcadores electrocardiográficos como las relaciones $Tp-e / QT$ y $Tp-e / QTc$, la dispersión QT y la dispersión QT corregida, el intervalo $Tp-e$ y la dispersión $Tp-e$, esto con el fin de analizar la repolarización y despolarización ventricular. Uno de los últimos estudios realizado en el año 2020, arrojaron datos bastante importantes ya que estos marcadores electrocardiográficos proyectaron resultados significativamente más altos o prolongados en pacientes con diabetes mellitus que los grupos control sanos (Inanir et. al., 2020). Esta significancia fue relacionada, directamente proporcional, con una mayor duración de la enfermedad y a niveles altos de HbA1c. Por lo tanto, estos aumentos significativos y proporcionales a la enfermedad pueden ser asociados con arritmias ventriculares y muerte súbita. Para sustentar esta investigación, 2 años antes se realizó un estudio cuyo objetivo

fue el asociar los mismos marcadores electrográficos arritmogénicos, como en el estudio anterior, con la diabetes mellitus (Kuzu, F., 2018). El intervalo QT, intervalo QTc y QTcd fueron significativamente mayor en el grupo de DM2 e igualmente ocurrió con los valores de intervalo Tp-e, dispersión Tp-e, Tp-e / QT y Tp-e / QTc. Todo esto aumenta el riesgo de arritmias, por lo tanto y según el autor, evaluando los parámetros ya descritos en controles con electrocardiograma se puede realizar prevención de la enfermedad.

Isaksen et. al. (2018) demostró mayor riesgo de arritmias en el momento de la repolarización cardiaca, ya que en su estudio comprobaron que el intervalo QTc también presentaba un significativo alargamiento, en especial en los jóvenes con diabetes mellitus tipo 1 cuando se realizó la comparación por edades.

Las complicaciones microvasculares en la diabetes mellitus están asociados con el desarrollo de eventos cardíacos futuros, apoyando a la idea de que la prolongación de prolongación de Tp-e / QTc en presencia de complicaciones microvasculares puede llevar a un mayor riesgo de desarrollar trastornos en la repolarización ventricular. (Pamukcu et. al., 2020). En este estudio, cuando se realizó el análisis de pacientes con diabetes mellitus se asoció muy significativamente la gravedad de la retinopatía y la nefropatía diabética con la prolongación de Tp-e / QTc.

Para el estudio del complejo QRS, en cuanto a su duración, se demostró que (Isaksen et. al., 2018), la diabetes mellitus estuvo asociada con un incremento significativo de la frecuencia cardíaca en reposo y del complejo QRS corregido y esto se puede relacionar directamente a una alteración en la despolarización cardíaca. Así mismo, en un estudio cuyo objetivo es analizar la fragmentación del complejo QRS (Yagi et. al., 2021), pudieron demostrar que existe una fragmentación del complejo QRS, aumentando su probabilidad de esta fragmentación hasta tres veces en pacientes con diabetes mellitus, comparándola con los casos control. Demostraron que la fragmentación del complejo QRS pueden ser onda R adicional o también llamada R', muescas en el nadir de la onda S y la presencia de más de una R 'y patrones RSR '. Los autores relacionan la presencia de estos hallazgos electrocardiográficos como una probabilidad de que exista daño miocárdico o

fibrosis del miocardio, el cual es un factor de riesgo para el desarrollo de trastornos de la conducción eléctrica del corazón. La frecuencia de la fragmentación del complejo QRS estuvo presente en el 62% de 129 pacientes con diabetes mellitus asintomáticos. (Ragab et. al., 2019)

En un estudio de cohorte se demostró que mediante la electrocardiografía se puede comprobar la alteración de la repolarización cardíaca en pacientes con diabetes. (Isaksen et. al., 2018) Estos pacientes tenían una puntuación combinada de morfología más alta que en los pacientes del grupo control, morfología dependiente de un aplanamiento y asimetría de la onda T.

5.4. Hiperglicemia en diabetes mellitus y su asociación con trastornos de la conducción eléctrica del corazón

La repolarización cardíaca se vio afectada en pacientes con diabetes mellitus que estaban cursando en un estado hiperglucémico (Bernjak et. al., 2021), ya que los datos ecocardiográficos en $T_p - T_{final}$ arrojaron un acortamiento de la misma. Esto se traduce a una alteración de la repolarización ventricular. En cuanto a la simetría de la onda T, en el mismo estudio se encontró una significancia mayor que en el grupo control. La frecuencia cardíaca también se vio afectada, ya que aumentó en episodios de hiperglicemia. Un dato interesante fue que el intervalo QT registrado durante la hiperglicemia frente a la euglicemia fue relativamente igual. Dado esto, los autores comentan que existen datos contradictorios, ya que hay estudios que afirman la prolongación del intervalo QT, como consecuencia del aumento de las catecolaminas. (Marfella et.al., 2000)

La hiperglicemia en individuos relativamente jóvenes con DM1 sin enfermedad cardiovascular conocida no está asociada con arritmias cardíacas clínicamente importante. las arritmias detectadas se limitaron a latidos ectópicos aislados y a bradicardia, siendo estas últimas en bajo número. (Bernjak et. al., 2021)

5.5. Hipoglicemia en pacientes con diabetes mellitus y su asociación con trastornos de la conducción eléctrica del corazón

Existe mayor riesgo de arritmias ventriculares en pacientes con diabetes mellitus que transcurren con estados de hipoglicemia. (Andersen et al., 2021) En su estudio demostraron que el intervalo QT corregido aumento significativamente. De la misma manera, la frecuencia cardíaca también aumentó en este estudio en comparación con el grupo de control, correlacionándolo con una activación simpatoadrenal que causa una repolarización cardíaca anormal. Esto es respaldado por la demostración en que la hipoglicemia estaba relacionada con la prolongación del intervalo QTc medido mediante electrocardiografía, aumentando el riesgo de obtener un trastorno de la conducción eléctrica del corazón y de mortalidad cardiovascular.

5.6. Frecuencia cardíaca

El análisis de los artículos demostró que la frecuencia cardíaca incrementaba en pacientes con diabetes mellitus, hasta en ~10 lpm más que en el grupo de control. (Isaksen et. al., 2018). Las conclusiones llevan a un aumento de la frecuencia cardíaca media significativamente mayor (Kuzu F., 2018). La taquicardia ventricular también fue factor de análisis en la presente revisión. (Patel et. al., 2021) Además, en pacientes con diabetes mellitus descompensada, la segunda causa más prevalente fue la taquicardia ventricular.

5.7. Neuropatía autonómica cardíaca en el esfera de la diabetes mellitus

Pacientes diagnosticados con neuropatía diabética también se estudiaron para analizar el riesgo de desarrollar arritmias ventriculares mediante estudios electrocardiográficos. Se demostró mediante un estudio que el 87,5% de los pacientes que presentaban neuropatía autonómica también estaban asociados con cambios en el intervalo QTc y, por lo tanto, aumento del riesgo de arritmias ventriculares. (Agarwal, G., & Singh, S. K., 2017)

5.8. Relación de los trastornos de la conducción eléctrica del corazón con la edad de los pacientes con diabetes mellitus

Patel et. Al. (2021) demostró que las arritmias eran más prevalentes en pacientes jóvenes con edades de entre 18-44 años. Esto se correlaciona con un estudio realizado en Dinamarca (Lyngge et al. 2020), los cuales encontraron que los pacientes jóvenes con diabetes mellitus tienen un mayor riesgo de muerte cardíaca súbita por enfermedades cardiovasculares. Además, se respalda estos últimos estudios por un descubrimiento (Isaksen et. al., 2018), el cual se da un intervalo QTc con un alargamiento más significativo en jóvenes cuando se realizó la comparación por edades y por lo tanto mayor riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica ventricular cardíaca.

5.9. Relación de los trastornos de la conducción eléctrica del corazón con el sexo de los pacientes con diabetes mellitus

Al momento de analizar datos para comparar el riesgo de desarrollar trastornos de la conducción eléctrica cardíaca con los parámetros del sexo (hombre-mujer) existen datos contradictorios. Un estudio encontró que existe riesgo de fibrilación auricular tanto en hombres como en mujeres, pero el riesgo de fibrilación auricular es 50% mayor en mujeres comparado con el grupo de control en la mayoría de las categorías analizadas, como el deterioro de control glucémico o función renal. Por otro lado, el dato contradictorio se dio en un estudio que no encontró correlaciones significativas entre el género y el riesgo de desarrollar arritmias cardíacas (Inanir et. al., 2020). La deficiencia de resultados en los artículos analizados en esta revisión bibliográfica fue un limitante al momento de comparar el sexo vs. el riesgo de la arritmogénesis.

Conclusiones

Se analizó, mediante una revisión exhaustiva, que el riesgo para desarrollar trastornos de la conducción eléctrica del corazón es significativamente elevada en todos los artículos extraídos.

La fibrilación auricular como forma de presentación de arritmia en pacientes con diabetes mellitus fue prevalente en la mayoría de los estudios analizados.

Las relaciones $Tp-e / QT$ y $Tp-e / QTc$, la dispersión QT y la dispersión QT corregida, el intervalo $Tp-e$ y la dispersión $Tp-e$ en pacientes con diabetes mellitus se encontraron significativamente más prolongadas, causando un riesgo elevado de arritmias ventriculares y muerte súbita.

El mayor riesgo de arritmias es en el momento de la repolarización cardíaca, en especial en los jóvenes con diabetes mellitus.

Las mujeres tienen mayor riesgo de desarrollar fibrilación auricular que el grupo de los hombres, pero faltan datos en los artículos analizados que respalden esta premisa.

Los trastornos arritmogénicos en la repolarización cardíaca estuvieron fuertemente asociados a cambios microvasculares en la diabetes mellitus.

Se encontró que la despolarización cardíaca era más prolongada, poniendo al paciente con diabetes mellitus en un estado vulnerable para el desarrollo de trastornos en la conducción eléctrica del corazón, debido a una fragmentación del complejo QRS.

La frecuencia cardíaca incrementó en pacientes con diabetes mellitus.

La diabetes mellitus es un factor de riesgo dependiente del tiempo de evolución de la enfermedad para el desarrollo de trastornos de la conducción eléctrica del corazón.

En paciente en estado de diabetes mellitus con descompensación aguda, el principal hallazgo patológico electrocardiográfico fue la fibrilación auricular.

En estados de hiperglucemia, los pacientes con diabetes mellitus son propensos a desarrollar trastornos eléctricos al momento de la repolarización cardíaca y en pacientes jóvenes sin enfermedad cardiovascular, las arritmias cardíacas no están asociadas a estas edades.

La hipoglucemia en pacientes con diabetes mellitus conlleva a un mayor riesgo de arritmias ventriculares a expensas de un intervalo QT prolongado, así también como el aumento de la frecuencia cardíaca en estos pacientes.

Se asoció la neuropatía autonómica diabética a la presencia de arritmias ventriculares debido a una prolongación del intervalo QTc.

Recomendaciones

La prevención de los trastornos de la conducción eléctrica del corazón en pacientes con diabetes mellitus tiene que ser eficaz al momento de realizar controles médicos primarios, mediante el uso del electrocardiograma.

Los estados de hiperglucemia e hipoglucemia conducen a un riesgo elevado de desarrollar arritmias, por eso es propicio enseñar al médico a actuar cuando el momento ocurra, realizando pruebas diagnósticas específicas y el tratamiento correspondiente.

Realizar la respectiva derivación a cardiología en pacientes con diabetes mellitus acompañados de algún signo electrocardiográfico alterado.

Sospechar el riesgo de arritmogénesis en pacientes con diabetes mellitus y que tengan signos clínicos o diagnósticos de cualquier complicación microvascular como lo es la retinopatía diabética, la nefropatía diabética y la neuropatía autonómica diabética, entre otras.

Referencias

- ADA. (2010). Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*, 33(Suppl 1), S62.
<https://doi.org/10.2337/DC10-S062>
- Agarwal, G., & Singh, S. K. (2017). Arrhythmias in type 2 diabetes mellitus. *Indian journal of endocrinology and metabolism*, 21(5), 715.
- ALAD. (2019). *Guías ALAD sobre el Diagnóstico, Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 con Medicina Basada en Evidencia Edición 2019*. 118–118.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-16483-5_167
- Andersen, A., Bagger, J. I., Baldassarre, M. P., Christensen, M. B., Abelin, K. U., Faber, J., ... & Vilsbøll, T. (2021). Acute hypoglycemia and risk of cardiac arrhythmias in insulin-treated type 2 diabetes and controls. *European Journal of Endocrinology*, 1(aop).
- Bernjak, A., Novodvorsky, P., Chow, E., Iqbal, A., Sellors, L., Williams, S., ... & Heller, S. R. (2021). Cardiac arrhythmias and electrophysiologic responses during spontaneous hyperglycaemia in adults with type 1 diabetes mellitus. *Diabetes & Metabolism*, 47(5), 101-237.
- Dahlqvist, S., Rosengren, A., Gudbjörnsdóttir, S., Pivodic, A., Wedel, H., Kosiborod, M., ... & Lind, M. (2017). Risk of atrial fibrillation in people with type 1 diabetes compared with matched controls from the general population: a prospective case-control study. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 5(10), 799-807.
- Freire W., Ramírez M., Belmont P., Mendieta M., Silva M., Romero N., et al. (2013). RESUMEN EJECUTIVO TOMO I. Encuesta Nacional De Salud Y Nutrición. ENSANUT-ECU 2011-2013. *Ministerio de Salud Pública del Ecuador/Instituto Nacional de Estadística y Censos*.
- Grisanti, L. A. (2018). Diabetes and arrhythmias: pathophysiology, mechanisms and therapeutic outcomes. *Frontiers in physiology*, 9, 16-69.
- Gupta, S., Gupta, R. K., Kulshrestha, M., & Chaudhary, R. R. (2017). Evaluation of ECG Abnormalities in Patients with Asymptomatic Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, 11(4), OC39.
<https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/24882.9740>

- Huxley, R. R., Fillion, K. B., Konety, S., & Alonso, A. (2011). Meta-analysis of cohort and case-control studies of type 2 diabetes mellitus and risk of atrial fibrillation. *The American journal of cardiology*, 108(1), 56-62.
- Harms, P. P., van der Heijden, A. A., Rutters, F., Tan, H. L., Beulens, J. W. J., Nijpels, G., & Elders, P. (2021). Prevalence of ECG abnormalities in people with type 2 diabetes: The Hoorn Diabetes Care System cohort. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 35(2), 107-810. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2020.107810>
- Iglesias, R., Barutell, L., Artola, S., & Serrano, R. (2014). Resumen de las recomendaciones de la American Diabetes Association (ADA) 2014 para la práctica clínica en el manejo de la diabetes mellitus. *Diabetes práctica*, 5(2), 1-24.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2014). Anuario de Estadísticas Vitales - Nacimientos y Defunciones. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censo*.
- Isaksen, J. L., Graff, C., Ellervik, C., Jensen, J. S., Rossing, P., Kanters, J. K., & Jensen, M. T. (2018). Cardiac repolarization and depolarization in people with Type 1 diabetes with normal ejection fraction and without known heart disease: a case-control study. *Diabetic Medicine*, 35(10), 1337-1344.
- Inanir, M., Gunes, Y., Sincer, I., & Erdal, E. (2020). Evaluation of Electrocardiographic Ventricular Depolarization and Repolarization Variables in Type 1 Diabetes Mellitus. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 114, 275-280.
- Isaksen, J. L., Graff, C., Ellervik, C., Jensen, J. S., Andersen, H. U., Rossing, P., ... & Jensen, M. T. (2018). Type 1 diabetes is associated with T-wave morphology changes. The Thousand & 1 Study. *Journal of electrocardiology*, 51(6), S72-S77.
- Kannel, W. B. (1983). Coronary heart disease and atrial fibrillation: the Framingham Study. *Am heart J*, 106, 389-396.
- Kharroubi, A. T., & Darwish, H. M. (2015). Diabetes mellitus: The epidemic of the century. *World Journal of Diabetes*, 6(6), 850. <https://doi.org/10.4239/WJD.V6.I6.850>
- Kittnar, O. (2015). Electrocardiographic changes in diabetes mellitus. *Physiological Research*, 64, S559-S566. <https://doi.org/10.33549/physiolres.933230>

- Koektuerk, B., Aksoy, M., Horlitz, M., Bozdog-Turan, I., & Turan, R. G. (2016). Role of diabetes in heart rhythm disorders. *World journal of diabetes*, 7(3), 45.
- Krane, V., Heinrich, F., Meesmann, M., Olschewski, M., Lilienthal, J., Angermann, C., Störk, S., Bauersachs, J., Wanner, C., & Frantz, S. (2009). Electrocardiography and Outcome in Patients with Diabetes Mellitus on Maintenance Hemodialysis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 4(2), 394–400. <https://doi.org/10.2215/CJN.02020408>
- Kuzu, F. (2018). The effect of type 2 diabetes on electrocardiographic markers of significant cardiac events. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 34(3), 626.
- Mahfouz, R. A., Arab, M. A., & El-Dosoky, I. I. (2019). Fragmented QRS complex is independently associated with coronary microvascular function in asymptomatic patients with diabetes mellitus. *Journal of Indian College of Cardiology*, 9(3), 136.
- Marfella, R., Nappo, F., De Angelis, L., Siniscalchi, M., Rossi, F. y Giugliano, D. (2000). El efecto de la hiperglucemia aguda sobre la duración del QTc en hombres sanos. *Diabetología*, 43(5), 571-575
- Pamukcu, H. E., Hepşen, S., Şahan, H. F., Biçer, T., Çakal, E., Çimen, T., ... & Sunman, H. (2020). Diabetic microvascular complications associated with myocardial repolarization heterogeneity evaluated by Tp-e interval and Tp-e/QTc ratio. *Journal of Diabetes and its Complications*, 34(12), 107726.
- Patel, U., Desai, R., Munshi, R., Patel, P., & Makaryus, A. N. (2021, May). Burden of arrhythmias and associated in-hospital mortality in acute decompensated diabetes mellitus. *In Baylor University Medical Center Proceedings*, 34(5), 545-549.
- Roberts-Thomson, K. C., Lau, D. H., & Sanders, P. (2011). The diagnosis and management of ventricular arrhythmias. *Nature Reviews Cardiology*, 8(6), 311-321.
- Sapra, A., & Bhandari, P. (2021). Diabetes Mellitus. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551501/>
- Sivieri, R., Veglio, M., Chinaglia, A., Scaglione, P., Cavallo-Perin, P., & Neuropathy Study Group of the Italian Society for the Study of Diabetes, Piemonte affiliate. (1993). Prevalence of QT

prolongation in a type 1 diabetic population and its association with autonomic neuropathy. *Diabetic medicine*, 10(10), 920-924.

Seferović, P. M., Petrie, M. C., Filippatos, G. S., Anker, S. D., Rosano, G., Bauersachs, J., ... & McMurray, J. J. (2018). Type 2 diabetes mellitus and heart failure: a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *European journal of heart failure*, 20(5), 853-872.

Soliman, E. Z., Backlund, J. Y. C., Bebu, I., Orchard, T. J., Zinman, B., & Lachin, J. M. (2017). Electrocardiographic abnormalities and cardiovascular disease risk in type 1 diabetes: The epidemiology of diabetes interventions and complications (EDIC) study. *Diabetes Care*, 40(6), 793–799. <https://doi.org/10.2337/DC16-2050/-/DC1>

Stern, S., & Sclarowsky, S. (2009). The ECG in Diabetes Mellitus. *Circulation*, 120(16), 1633–1636. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.897496>

Sun, G., Ma, M., Ye, N., Wang, J., Chen, Y., Dai, D., & Sun, Y. (2016). Diabetes mellitus is an independent risk factor for atrial fibrillation in a general Chinese population. *Journal of diabetes investigation*, 7(5), 791-796.

Veglio, M., Bruno, G., Borra, M., Macchia, G., Bargerò, G., D'errico, N., ... & CAVALLO-PERIN, P. (2002). Prevalence of increased QT interval duration and dispersion in type 2 diabetic patients and its relationship with coronary heart disease: a population-based cohort. *Journal of internal medicine*, 251(4), 317-324.

Yagi, K., Nagata, Y., Yamagami, T., Chujo, D., Kamigishi, M., Yokoyama-Nakagawa, M., ... & Tobe, K. (2021). High prevalence of fragmented QRS on electrocardiography in Japanese patients with diabetes irrespective of metabolic syndrome. *Journal of Diabetes Investigation*, 12(9), 1680-1688.

World Health Organization (2021). Diabetes. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>