

Precisión de médicos sin especialidad en cardiología para diagnosticar infarto agudo al miocardio a través de la interpretación de electrocardiogramas

El electrocardiograma (ECG) es un dibujo gráfico que registra la actividad eléctrica del corazón permitiendo el diagnóstico de arritmias e infartos al miocardio, entre otros. En algunos casos su adecuada interpretación puede ser compleja, por lo que es usual utilizar servicios de telemedicina para asistencia especializada, de manera de corroborar un diagnóstico. De esta forma, se desea conocer si es necesario contar con un cardiólogo para asistir en la interpretación de un ECG, a través de la telemedicina, en términos de la precisión diagnóstica de Infarto Agudo al Miocardio (IAM).

Mensajes clave

- Al interpretar un ECG por un **cardiólogo** para **detectar IAM**, el **85%** de los casos serían también detectados por un **médico de emergencia**, cuando efectivamente el **paciente presenta esta condición**. Al **descartar IAM**, el **93%** de los casos serían también descartados por un médico de emergencia, cuando efectivamente el **paciente no presenta esta condición**.
- Al interpretar un ECG de un paciente con IAM (diagnóstico conocido previamente), el 91% de los casos sería también detectado por un médico de emergencia. Para descartar IAM, el 76% de los casos sería también descartado por un médico de emergencia.
- **No está claro** si la precisión diagnóstica de **residentes (de medicina interna y urgencia)** sería diferente a la de los **cardiólogos** al interpretar un ECG. La **certeza** en la evidencia es **muy baja**.
- Al evaluar un paciente por examen enzimático para IAM, probablemente el 54% de los casos es también detectado por un residente al interpretar un ECG, cuando efectivamente el paciente presenta esta condición. No está claro su precisión para descartar IAM, porque la certeza en la evidencia es muy baja.

Este documento se encuentra disponible en

EVIPNET Chile (evipnet.minsal.cl)

¿Qué es una síntesis rápida de evidencia?

Es una recopilación de la evidencia disponible para evaluar la pertinencia o efectos de una intervención, que se realiza en un plazo **no mayor a 20 días hábiles**



Este resumen incluye:

- **Introducción:** Contextualización del problema.
- **Principales hallazgos:** Evidencia que aporta argumentos para la toma de decisiones.
- **Consideraciones de Implementación:** Elementos a considerar para la formulación de la política pública.



No incluye:

- Recomendaciones explícitas para detallar el desarrollo de una política pública
- Datos de la realidad local de Chile en el tema abordado
- Lista de stakeholders involucrados en el tema en cuestión
- Análisis detallado sobre experiencias internacionales y legislación comparada.

Se utilizaron 9 estudios primarios

Tiempo utilizado para preparar esta síntesis:

15 días hábiles

¿Quién solicitó este resumen?

Esta síntesis fue solicitada por el **Depto. de Enfermedades No Transmisibles / DIPRECE** y el **Depto GES y Redes de Alta Complejidad/ DIGERA**, del Ministerio de Salud de Chile.

Introducción

Algunos de los usos más frecuentes de un electrocardiograma (ECG) es la detección de infartos y arritmias [1]. Sin embargo, la lectura de los resultados de este examen no siempre es un proceso sencillo.

Actualmente, los centros de salud del país utilizan un servicio de telemedicina para interpretar los resultados de un ECG. El servicio funciona de forma tal que, después de 15 a 30 minutos de transmitida la información vía telefónica, se recibe un informe que normalmente es realizado por un especialista, sugiriendo un diagnóstico en base a la lectura de este ECG.

Durante este año se necesita renovar los contratos de este servicio de telemedicina y, en este contexto, se requiere conocer si es necesario clarificar la exigencia de un profesional especialista para la interpretación de los ECG.

Este resumen complementa la síntesis anterior que investigó la precisión diagnóstica en fibrilación auricular e Infarto Agudo al Miocardio (IAM) [2]. Sin embargo, dicha síntesis no encontró revisiones sistemáticas que evaluaran el caso de IAM, por lo que en este informe se describen los resultados de la búsqueda de estudios primarios para esta condición.

¿Para quién es este resumen?

Personas tomando decisiones sobre el diseño e implementación de programas de telemedicina en la red pública asistencial de salud.

¿Cómo fue preparado este resumen?

Utilizando palabras clave como “electrocardiograma”, “ECG”, “telemedicina”, “infarto” y “fibrilación auricular” se buscó en las bases de datos Epistemonikos, Health Systems Evidence, Health Evidence, la Biblioteca Cochrane y PubMed con el objetivo de identificar revisiones sistemáticas que abordan la pregunta formulada. Al no encontrarse, se buscaron estudios primarios en las bases de datos PubMed y CENTRAL para el diagnóstico de IAM. Estos resultados se presentan en los hallazgos del presente documento.

Objetivo de esta síntesis

Informar la toma de decisiones respecto de la precisión diagnóstica de los médicos generales para interpretar de un ECG en la detección de IAM. Se presentan los principales hallazgos encontrados, en base a los estudios primarios considerados en la síntesis, además de algunas consideraciones sobre la implementación de una política pública de estas características.

Resumen de Hallazgos

Esta síntesis busca conocer si es necesario contar con un cardiólogo para la interpretación de Electrocardiogramas (ECG), en cuanto a la precisión diagnóstica de Infarto Agudo al Miocardio (IAM). Para esto, se evalúa la precisión diagnóstica de un médico general, médico de urgencia y residentes (de medicina interna, emergencia o cardiología)¹, contra el diagnóstico conocido previamente o un examen enzimático, o el diagnóstico de uno o más cardiólogos.

Se excluyeron artículos que consideraran otros profesionales de la salud (por ej, enfermeras o paramédicos), que evaluaran el diagnóstico de condiciones distintas a IAM, que utilizaran un ECG diferente al de 12 canales (*12-lead ECG*) y que consideraran médicos no titulados (internos).

Al realizar la búsqueda, los títulos y resúmenes fueron seleccionados por un único revisor. Se obtuvieron 40 estudios primarios. Consultando al solicitante de la síntesis, se incluyeron estudios que consideraran distintos grupos de edad (sin separar por esta variable), que contemplaran ECG de pacientes con dolor al pecho, elevación de segmento ST o bloqueo de rama izquierda, que estudiaran la precisión diagnóstica de un médico general (*General Practitioner* o *Physician*), médico de urgencia, residente o una combinación de ellos. Se excluyeron estudios que evaluaban la precisión de un software interpretador por sí solo.

Evaluando el contenido de los artículos, se seleccionaron finalmente un total de 9 estudios primarios, publicadas entre 1992 y 2014 [3]–[11], y se excluyó 31 artículos. [12]–[42]

Los hallazgos aquí presentados fueron separados por cada una de las comparaciones realizadas. Cada hallazgo contiene una tabla resumen con los resultados, donde también se muestra la certeza de la evidencia de cada uno de los desenlaces encontrados, de acuerdo al sistema GRADE (ver recuadro).

Hallazgo 1. Médico de emergencia vs cardiólogo

- ➔ **Al interpretar un ECG por un cardiólogo para detectar IAM, el 85% de los casos serían también detectados por un médico de emergencia, cuando efectivamente el paciente presenta esta condición. La certeza en la evidencia es baja.**
- ➔ **Al interpretar un ECG por un cardiólogo para descartar IAM, el 93% de los casos serían también descartados por un médico de emergencia, cuando efectivamente el paciente no presenta esta condición. La certeza en la evidencia es baja.**

Se incluyen dos estudios que analizan la precisión para diagnosticar IAM al interpretar un ECG, por parte de un médico de emergencia (utilizando el título en inglés de *emergency physician*), en comparación a 1 o más cardiólogos. [4], [5]

Uno de los estudios incluidos utilizó una comparación con un conjunto de 3 cardiólogos (McCabe 2013)[5], mientras que otro sólo utilizó 1 como comparación. (Brady 2000) [4]

Sobre la certeza de la evidencia (GRADE)

⊕⊕⊕⊕

Alta: Esta investigación entrega una muy buena indicación del efecto probable. La probabilidad de que el efecto será sustancialmente diferente es baja.

⊕⊕⊕○

Moderada: Esta investigación entrega una buena indicación del efecto probable. La probabilidad de que el efecto será sustancialmente diferente es moderada.

⊕⊕○○

Baja: Esta investigación entrega una alguna indicación del efecto probable. Sin embargo, la probabilidad de que el efecto será sustancialmente diferente es alta.

⊕○○○

Muy baja: Esta investigación no entrega una indicación confiable del efecto probable. La probabilidad de que el efecto será sustancialmente diferente es muy alta.

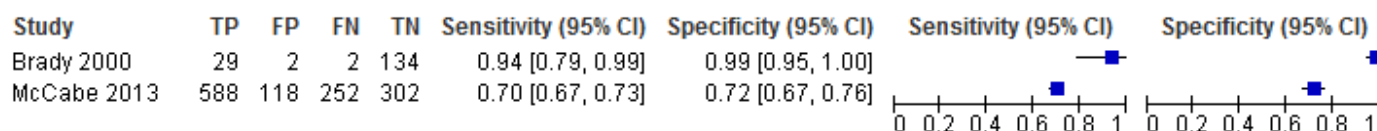
¹ Se entiende residente como un médico general que se encuentra en proceso de formación para llegar a ser un especialista.

Comparación	Precisión diagnóstica		Número de estudios (tamaño de la muestra)	Certeza en la Evidencia (GRADE)	Comentarios
	Verdaderos Positivos*	Falsos Negativos*			
Médico de emergencia vs cardiólogo	850 por 1000	150 por 1000	2 estudios (1 426 ECG interpretados)	⊕⊕○○ Baja ¹	Uno de los estudios utiliza un único cardiólogo como comparación [43].
	Sensibilidad: 0.85 (Margen de error: 0.48 a 0.97)				
	Especificidad: 0.93 (Margen de error: 0.34 a 0.99)				

Margen de error = Intervalo de Confianza (95% IC) GRADE: *GRADE Working Group grades of evidence* (ver recuadro). NR: No reportado.

*Tasa de verdaderos positivos o falsos negativos, del total de pacientes que presentó la condición.

¹2 estudios de cohorte, uno de ellos con riesgo de sesgo (escala QUADAS-2), con intervalos de confianza anchos (imprecisión) y sin superposición (inconsistencia).



Hallazgo 2. Médico de emergencia vs diagnóstico de un registro de pacientes

- ➔ Al interpretar un ECG de un paciente diagnosticado previamente con IAM, probablemente el 91% de los casos es también detectado por un médico de emergencia. La certeza en la evidencia es moderada.
- ➔ Al interpretar un ECG de un paciente diagnosticado previamente sin IAM, probablemente el 76% de los casos es también descartado por un médico de emergencia. La certeza en la evidencia es moderada.

Un estudio incluyó el análisis de la interpretación de un ECG por un médico de emergencia en comparación al diagnóstico previamente conocido proveniente de un registro de pacientes. [44]

Los participantes del estudio debían elegir si cada ECG se diagnosticaba como repolarización temprana benigna o IAM.

Comparación	Precisión diagnóstica		Número de estudios (tamaño de la muestra)	Certeza en la Evidencia (GRADE)	Comentarios
	Verdaderos Positivos*	Falsos Negativos*			
Médico de emergencia vs diagnóstico de un registro de pacientes	910 por 1000	90 por 1000	1 estudio (300 ECG interpretados)	⊕⊕⊕○ Moderada ¹	Los participantes realizaban el diagnóstico eligiendo en base a 2 condiciones de salud.
	Sensibilidad: 0.91 (Margen de error: 0.85 a 0.95)				
	Especificidad: 0.76 (Margen de error: 0.68 a 0.82)				

Margen de error = Intervalo de Confianza (95% IC) GRADE: *GRADE Working Group grades of evidence* (ver recuadro). NR: No reportado.

*Tasa de verdaderos positivos o falsos negativos, del total de pacientes que presentó la condición.

¹1 estudio retrospectivo con alto riesgo de sesgo (QUADAS-2), sin inconsistencia ni imprecisión significativas.

Hallazgo 3. Residentes vs cardiólogo

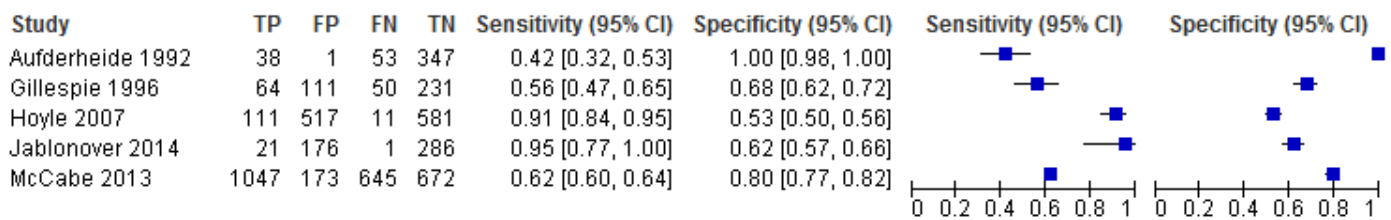
➔ No está claro si la precisión diagnóstica de residentes sería diferente a la de los cardiólogos al interpretar un ECG. La certeza en la evidencia es muy baja.

5 estudios analizaron la precisión diagnóstica de residentes (de medicina interna y urgencia) en comparación a cardiólogos, al interpretar un ECG [3], [5], [7], [10], [11]. Los médicos preparando su especialidad eran de medicina interna y de urgencia. En el caso de estos últimos, las distinciones fueron variadas (*Senior House Officers* y *Junior House Officers*).

Además, se utilizaron distintos estándares como comparación. Mientras un estudio utilizó un único cardiólogo como comparación (Hoyle, 2007) [10], tres estudios compararon contra 2 o 3 cardiólogos en conjunto (Gillespie 1996; Jablonover 2014; McCabe 2013) [5], [7], [11]. Por último, un estudio utilizó 11 cardiólogos como comparación (Aufderheide 1992) [3].

Por otro lado, la historia clínica de los pacientes que son analizados no siempre fue considerada para realizar el diagnóstico. (Aufderheide 1992) [3]. Sin embargo, en el resto de los estudios incluidos en este hallazgo no se contó con esta información.

Comparación	Precisión diagnóstica		Número de estudios (tamaño de la muestra)	Certeza en la Evidencia (GRADE)	Comentarios
	Verdaderos Positivos	Falsos Negativos			
Residentes vs cardiólogo	No es posible obtener conclusiones		5 estudios (5 136 ECG interpretados)	⊕○○○ Muy baja ¹	Utilizan residentes de medicina interna, emergencia y cardiología. Los estudios utilizaron como <i>gold-standard</i> desde 1 a 11 cardiólogos. La historia clínica del paciente no fue considerada en el estudio de (Aufderheide, 1992) [3][45].
Margen de error = Intervalo de Confianza (95% IC) GRADE: GRADE Working Group grades of evidence (ver recuadro). NR: No reportado. ¹ 5 estudios (2 prospectivos, 2 retrospectivos y 1 aleatorizado), todos con alto riesgo de sesgo (QUADAS-2), alta heterogeneidad (inconsistencia), y con intervalos de confianza muy anchos (imprecisión).					



Hallazgo 4. Residentes vs examen enzimático

➔ Al evaluar un paciente por examen enzimático para detectar IAM, probablemente el 54% de los casos es también detectado por un residente, cuando efectivamente el paciente presenta esta condición. La certeza en la evidencia es moderada.

➔ Al interpretar un ECG por un residente para descartar IAM, no está claro el porcentaje de coincidencia con el examen enzimático, cuando efectivamente el paciente no presenta esta condición. La certeza en la evidencia es muy baja.

2 estudios compararon la precisión para diagnosticar IAM, al interpretar ECG por residentes, en comparación a un diagnóstico por examen enzimático [8], [9].

En cuanto a la formación de estos residentes, los estudios incluían la formación de medicina de emergencia (*Senior y Junior House Officers*).

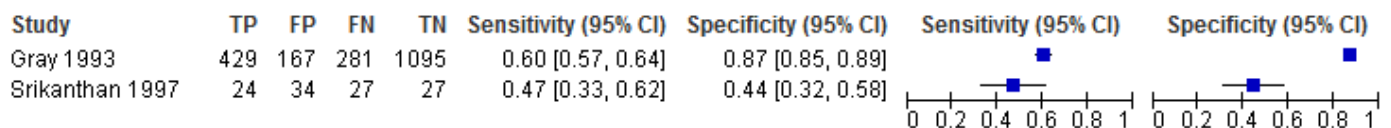
Comparación	Precisión diagnóstica		Número de estudios (tamaño de la muestra)	Certeza en la Evidencia (GRADE)	Comentarios
	Verdaderos Positivos*	Falsos Negativos*			
Residentes vs diagnóstico clínico	540 por 1000	460 por 1000	3 estudios (4 621 ECG interpretados)	⊕⊕⊕○ Moderada ¹	Utilizan residentes de medicina de emergencia.
	Sensibilidad: 0.54 (Margen de error: 0.4 a 0.67)				
	No es posible obtener conclusiones				

Margen de error = Intervalo de Confianza (95% IC) GRADE: *GRADE Working Group grades of evidence* (ver recuadro). NR: No reportado.

*Tasa de verdaderos positivos o falsos negativos, del total de pacientes que presentó la condición.

¹2 estudios (1 retrospectivo y 1 prospectivo) con alto riesgo de sesgo (QUADAS-2). Sin inconsistencia o imprecisión significativos.

²2 estudios (1 retrospectivo y 1 prospectivo), con alto riesgo de sesgo (QUADAS-2), con anchos intervalos de confianza (imprecisión) y sin superposición de éstos (inconsistencia).



Hallazgo 5. Médico general

→ No se encontró evidencia que comparara la precisión diagnóstica de un médico general contra la de un cardiólogo al diagnosticar IAM.

Consideraciones de Implementación

Consideraciones de Aplicabilidad

Los estudios incluidos en esta síntesis de evidencia fueron realizados en EEUU, Reino Unido y Australia. Es necesario considerar que los efectos aquí mostrados podrían cambiar al aplicar esta intervención en Chile, debido a los distintos sistemas de formación de profesionales en cada país.

En algunos de los estudios se les preguntó a los profesionales que diagnosticaran eligiendo de un conjunto de opciones, mientras que otros preguntaban libremente sobre el diagnóstico. Esto podría limitar la aplicabilidad de algunos de los estudios.

Consideraciones de Equidad

La expansión de la red de telemedicina favorecería de mayor forma a comunidades geográficamente aisladas, lo cual reduce la inequidad en el acceso a los sistemas de salud. Especial atención habría que poner en los resultados obtenidos por la población en áreas aisladas en comparación con quienes estén en zonas de mejor acceso.

Consideraciones Económicas

Incorporar cardiólogos en los procedimientos, conlleva un costo mucho mayor que la contratación de médicos generales entrenados para realizar la misma tarea. Se debe evaluar también los costos de integrar otros especialistas, como por ejemplo, médicos urgenciólogos.

Consideraciones de Monitoreo y Evaluación

Cuando se compara contra un cardiólogo, algunos estudios incluían un procedimiento para construir un comparador más robusto (utilización de más de 1 cardiólogo, que discutían en caso de disenso o utilizaban otro especialista como árbitro). Es recomendable monitorear si la precisión diagnóstica fue evaluada contra un comparador muy exigente y, por lo tanto, los niveles de sensibilidad y especificidad podrían ser mejores en el caso de comparar contra un único cardiólogo.

La proveniencia de los pacientes analizados (sus condiciones concomitantes, síntomas y diagnósticos) de los ECG analizados fue variable entre cada uno de los estudios. Algunos evaluaban un conjunto de ECG y otros consideraban pacientes con dolor de pecho, lo que podría facilitar o dificultar el diagnóstico. Por otro lado, en algunos estudios, los pacientes evaluados tenían algunas condiciones concomitantes (por ej ingesta de cocaína), lo cual podría afectar la interpretación de ECG. Por último, los estudios no realizan separación de IAM con y sin elevación del segmento ST. Sin embargo, la sensibilidad y especificidad aquí presentada podría variar para cada tipo de infarto (*STEMI* o no *STEMI*).

Dado que no se encontraron revisiones sistemáticas que evaluaran específicamente esta pregunta es recomendable monitorear la publicación de artículos o revisiones que permitan conocer con mayor certeza los hallazgos de la evidencia en esta área. También se podría realizar un estudio de cohorte o transversal con la realidad local.

Con excepción de un estudio que no lo especifica [11], todos los estudios utilizaron ECG de 12 canales o derivaciones. Sin embargo, se debe considerar que existen ECGs con un mayor número de canales, para los cuales la precisión diagnóstica podría ser menos usuario-dependiente.

Información Adicional

Citación sugerida

C. Mansilla, A. Basagoitia, C Herrera, J Browne. Precisión de médicos sin especialidad en cardiología para diagnosticar infarto agudo al miocardio a través de la interpretación de electrocardiogramas. Abril 2016. EVIPNet Chile; Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.

Palabras Clave

Electrocardiograma; ECG; Médico General; Especialista; Telemedicina; Diagnóstico; Infarto Agudo al Miocardio; Síntesis rápida de evidencia.

Referencias

- [1] World Health Organization, "Electrocardiograph, ECG," 2011. .
- [2] C. Mansilla, A. Basagoitia, and J. Browne, "¿ Existen diferencias en la precisión diagnóstica al interpretar un ECG por un médico general , en comparación a un especialista ?," 2016.
- [3] T. P. Aufderheide, G. E. Hendley, J. Woo, S. Lawrence, V. Valley, and S. L. Teichman, "A prospective evaluation of prehospital 12-lead ECG application in chest pain patients.," *J. Electrocardiol.*, vol. 24 Suppl, pp. 8-13, 1992.
- [4] W. J. Brady, A. Perron, and E. Ullman, "Errors in emergency physician interpretation of ST-segment elevation in emergency department chest pain patients.," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 7, no. 11, pp. 1256-60, Nov. 2000.
- [5] J. M. McCabe, E. J. Armstrong, I. Ku, A. Kulkarni, K. S. Hoffmayer, P. D. Bhave, S. W. Waldo, P. Hsue, J. C. Stein, G. M. Marcus, S. Kinlay, and P. Ganz, "Physician accuracy in interpreting potential ST-segment elevation myocardial infarction electrocardiograms.," *J. Am. Heart Assoc.*, vol. 2, no. 5, p. e000268, Oct. 2013.
- [6] S. D. Turnipseed, A. E. Bair, J. D. Kirk, D. B. Diercks, P. Tabar, and E. A. Amsterdam, "Electrocardiogram differentiation of benign early repolarization versus acute myocardial infarction by emergency physicians and cardiologists.," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 13, no. 9, pp. 961-6, Sep. 2006.
- [7] N. D. Gillespie, C. T. Brett, W. G. Morrison, and S. D. Pringle, "Interpretation of the emergency electrocardiogram by junior hospital doctors.," *J. Accid. Emerg. Med.*, vol. 13, no. 6, pp. 395-7, Nov. 1996.
- [8] D. Gray and J. R. Hampton, "Sensitivity and specificity of the initial working diagnosis in acute myocardial infarction: implications for thrombolysis.," *Int. J. Epidemiol.*, vol. 22, no. 2, pp. 222-7, Apr. 1993.
- [9] V. S. Srikanthan, A. C. Pell, N. Prasad, G. W. Tait, A. P. Rae, K. J. Hogg, and F. G. Dunn, "Use of fax facility improves decision making regarding thrombolysis in acute myocardial infarction.," *Heart*, vol. 78, no. 2, pp. 198-200, Aug. 1997.
- [10] R. J. Hoyle, K. J. Walker, G. Thomson, and M. Bailey, "Accuracy of electrocardiogram interpretation improves with emergency medicine training.," *Emerg. Med. Australas.*, vol. 19, no. 2, pp. 143-50, Apr. 2007.
- [11] R. S. Jablonover, E. Lundberg, Y. Zhang, and A. Stagnaro-Green, "Competency in electrocardiogram interpretation among graduating medical students.," *Teach. Learn. Med.*, vol. 26, no. 3, pp. 279-84, Jan. 2014.
- [12] J. Trevelyan, E. W. A. Needham, S. C. H. Smith, and R. K. Mattu, "Sources of diagnostic inaccuracy of conventional versus new diagnostic criteria for myocardial infarction in an unselected UK population with suspected cardiac chest pain, and investigation of independent prognostic variables.," *Heart*, vol. 89, no. 12, pp. 1406-10, Dec. 2003.
- [13] E. R. Snoey, B. Housset, P. Guyon, S. ElHaddad, J. Valty, and P. Hericord, "Analysis of emergency department interpretation of electrocardiograms.," *J. Accid. Emerg. Med.*, vol. 11, no. 3, pp. 149-53, Sep. 1994.
- [14] T. White, P. Woodmansey, D. G. Ferguson, and K. S. Channer, "Improving the interpretation of electrocardiographs in an accident and emergency department.," *Postgrad. Med. J.*, vol. 71, no. 833, pp. 132-5, Mar. 1995.
- [15] D. Eslava, S. Dhillon, J. Berger, P. Homel, and S. Bergmann, "Interpretation of electrocardiograms by first-year residents: the need for change.," *J. Electrocardiol.*, vol. 42, no. 6, pp. 693-7, Jan. 2009.
- [16] E. J. Westdrop, M. C. Gratton, and W. A. Watson, "Emergency department interpretation of electrocardiograms.," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 21, no. 5, pp. 541-4, May 1992.
- [17] M. C. de Bruyne, J. A. Kors, A. W. Hoes, D. A. Kruijssen, J. W. Deckers, M. Grosfeld, G. van Herpen, D. E. Grobbee, and J. H. van

- Bemmel, "Diagnostic interpretation of electrocardiograms in population-based research: computer program research physicians, or cardiologists?," *J. Clin. Epidemiol.*, vol. 50, no. 8, pp. 947–52, Aug. 1997.
- [18] W. J. Brady, A. D. Perron, and T. Chan, "Electrocardiographic ST-segment elevation: correct identification of acute myocardial infarction (AMI) and non-AMI syndromes by emergency physicians.," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 8, no. 4, pp. 349–60, Apr. 2001.
- [19] L. I. Gargasas, T. A. Zhizhene, L. I. Kalashaĩ tite, P. A. Kuĩ zinene, and I. I. Meshkauskene, "[Accuracy and variability of medical interpretation of the electrocardiogram].," *Kardiologija*, vol. 16, no. 2, pp. 107–11, Feb. 1976.
- [20] M. A. Ohlow, M. Schreiber, and B. Lauer, "[Prehospital assessment and treatment decisions of a suspected acute coronary syndrome: what are the problems? Results of the 'Emergency Doctor and Acute Myocardial Infarction' study (NAAMI)].," *Dtsch. Med. Wochenschr.*, vol. 134, no. 40, pp. 1984–9, Oct. 2009.
- [21] M. C. Kontos, M. C. Kurz, C. S. Roberts, S. E. Joyner, L. Kreisa, J. P. Ornato, and G. W. Vetrovec, "An evaluation of the accuracy of emergency physician activation of the cardiac catheterization laboratory for patients with suspected ST-segment elevation myocardial infarction.," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 55, no. 5, pp. 423–30, May 2010.
- [22] P. K. Challa, K. M. Smith, and C. R. Conti, "Initial presenting electrocardiogram as determinant for hospital admission in patients presenting to the emergency department with chest pain: a pilot investigation.," *Clin. Cardiol.*, vol. 30, no. 11, pp. 558–61, Nov. 2007.
- [23] P. E. Sokolove, E. B. Sgarbossa, E. A. Amsterdam, R. Gelber, T. C. Lee, C. Maynard, J. R. Richards, R. Valente, and G. S. Wagner, "Interobserver agreement in the electrocardiographic diagnosis of acute myocardial infarction in patients with left bundle branch block.," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 36, no. 6, pp. 566–71, Dec. 2000.
- [24] A. A. Huitema, T. Zhu, M. Alemayehu, and S. Lavi, "Diagnostic accuracy of ST-segment elevation myocardial infarction by various healthcare providers.," *Int. J. Cardiol.*, vol. 177, no. 3, pp. 825–9, Dec. 2014.
- [25] C. Eken, E. Goksu, O. Eray, and S. Yalcinkaya, "The consistency of emergency physicians' and cardiologists' ECG interpretation and likelihood classification of chest pain patients.," *Int. J. Clin. Pract.*, vol. 60, no. 10, pp. 1194–7, Oct. 2006.
- [26] D. Tandberg, K. D. Kastendieck, and S. Meskin, "Observer variation in measured ST-segment elevation.," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 34, no. 4 Pt 1, pp. 448–52, Oct. 1999.
- [27] L. J. Gula, A. Dick, and D. Massel, "Diagnosing acute myocardial infarction in the setting of left bundle branch block: prevalence and observer variability from a large community study.," *Coron. Artery Dis.*, vol. 14, no. 5, pp. 387–93, Aug. 2003.
- [28] W. G. Morrison and I. J. Swann, "Electrocardiograph interpretation by junior doctors.," *Arch. Emerg. Med.*, vol. 7, no. 2, pp. 108–10, Jun. 1990.
- [29] M. Kuhn, M. T. Morgan, and J. R. Hoffman, "Quality assurance in the emergency department: evaluation of the ECG review process.," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 21, no. 1, pp. 10–5, Jan. 1992.
- [30] W. Bouida, Z. Dridi, S. Nouria, H. Gamra, and M. Ben Frahat, "[Evaluation of electrocardiogram's interpretation in the emergency department].," *La Tunisie médicale*, vol. 82, no. 4, pp. 358–62, Apr. 2004.
- [31] J. S. Berger, L. Eisen, V. Nozad, J. D'Angelo, Y. Calderon, D. L. Brown, and P. Schweitzer, "Competency in electrocardiogram interpretation among internal medicine and emergency medicine residents.," *Am. J. Med.*, vol. 118, no. 8, pp. 873–80, Aug. 2005.
- [32] M. Sibbald, E. G. Davies, P. Dorian, and E. H. C. Yu, "Electrocardiographic interpretation skills of cardiology residents: are they competent?," *Can. J. Cardiol.*, vol. 30, no. 12, pp. 1721–4, Dec. 2014.
- [33] T. Novotny, R. R. Bond, I. Andrsova, L. Koc, M. Sisakova, D. D. Finlay, D. Guldenring, J. Spinar, and M. Malik, "Data analysis of diagnostic accuracies in 12-lead electrocardiogram interpretation by junior medical fellows.," *J. Electrocardiol.*, vol. 48, no. 6, pp. 988–94.
- [34] B. F. Erling, A. D. Perron, and W. J. Brady, "Disagreement in the interpretation of electrocardiographic ST segment elevation: a source of error for emergency physicians?," *Am. J. Emerg. Med.*, vol. 22, no. 2, pp. 65–70, Mar. 2004.
- [35] J. N. Khan, A. Chauhan, E. Mozdiak, J. M. Khan, and C. Varma, "Posterior myocardial infarction: are we failing to diagnose this?," *Emerg. Med. J.*, vol. 29, no. 1, pp. 15–8, Jan. 2012.
- [36] W. K. Chan, K. F. Leung, Y. F. Lee, C. S. Hung, N. S. Kung, and F. L. Lau, "Undiagnosed acute myocardial infarction in the accident and emergency department: reasons and implications.," *Eur. J. Emerg. Med.*, vol. 5, no. 2, pp. 219–24, Jun. 1998.
- [37] C. S. Snyder, A. L. Fenrich, R. A. Friedman, C. Macias, K. O'Reilly, and N. J. Kertesz, "The emergency department versus the

computer: which is the better electrocardiographer?," *Pediatr. Cardiol.*, vol. 24, no. 4, pp. 364–8.

- [38] W. Wong, A. Jones, and T. J. Goodwin, "Audit on myocardial infarction in a district general hospital: is there room for improvement in diagnostic accuracy?," *J. R. Soc. Med.*, vol. 87, no. 1, pp. 22–4, Jan. 1994.
- [39] K. H. Todd, J. R. Hoffman, and M. T. Morgan, "Effect of cardiologist ECG review on emergency department practice.," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 27, no. 1, pp. 16–21, Jan. 1996.
- [40] S. Trzeciak, T. Erickson, E. B. Bunney, and E. P. Sloan, "Variation in patient management based on ECG interpretation by emergency medicine and internal medicine residents.," *Am. J. Emerg. Med.*, vol. 20, no. 3, pp. 188–95, May 2002.
- [41] A. Jakobsson, P. Ohlin, and O. Pahlm, "Does a computer-based ECG-recorder interpret electrocardiograms more efficiently than physicians?," *Clin. Physiol.*, vol. 5, no. 5, pp. 417–23, Oct. 1985.
- [42] N. A. Lever, P. D. Larsen, M. Dawes, A. Wong, and S. A. Harding, "Are our medical graduates in New Zealand safe and accurate in ECG interpretation?," *N. Z. Med. J.*, vol. 122, no. 1292, pp. 9–15, Apr. 2009.
- [43] W. J. Brady, A. Perron, and E. Ullman, "Errors in emergency physician interpretation of ST-segment elevation in emergency department chest pain patients.," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 7, no. 11, pp. 1256–60, Nov. 2000.
- [44] S. D. Turnipseed, A. E. Bair, J. D. Kirk, D. B. Diercks, P. Tabar, and E. A. Amsterdam, "Electrocardiogram differentiation of benign early repolarization versus acute myocardial infarction by emergency physicians and cardiologists.," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 13, no. 9, pp. 961–6, Sep. 2006.
- [45] T. P. Aufderheide, G. E. Hendley, J. Woo, S. Lawrence, V. Valley, and S. L. Teichman, "A prospective evaluation of prehospital 12-lead ECG application in chest pain patients.," *J. Electrocardiol.*, vol. 24 Suppl, pp. 8–13, Jan. 1992.