

Caracterización basada en ECG de la extensión, gravedad y ubicación espacial de la isquemia aguda

Jimena Rodríguez Carbó, Ana Mincholé, Esther Pueyo

Grupo Biomedical Signal Interpretation and Computational Simulation (BSICoS)

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976762707, e-mail: jimena.rodriguez@unizar.es

Resumen

Se propuso cuantificar los cambios en la despolarización y repolarización ventricular durante isquemia miocárdica aguda mediante el electrocardiograma. Los resultados mostraron que existe una evolución temporal en las morfologías de las ondas QRS y T durante la isquemia con una mayor magnitud de cambio en la repolarización.

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte tanto en hombres como en mujeres [1]. Entre ellas, la cardiopatía isquémica es la enfermedad que genera mayor mortalidad en el mundo, la cual se produce por la obstrucción de una o varias de las arterias que irrigan el corazón.

El diagnóstico se basa inicialmente en los cambios dinámicos en el electrocardiograma (ECG) [2]. La manifestación más común de la isquemia aguda (IA) es la desviación del segmento ST. Se han observado también otras alteraciones en el ECG durante la IA, como una reducción en la pendiente descendente del complejo QRS [3] y un aumento en la amplitud de la onda T [4]. Un factor importante que afecta a la progresión de la isquemia es la ubicación de la oclusión en una de las arterias coronarias [4].

Los principales objetivos de este estudio son: caracterizar la evolución temporal de diversos marcadores del ECG, incluyendo la desviación del segmento ST, durante la isquemia; y describir un perfil de distribución espacial de los cambios en el ECG en función de la arteria ocluida.

Métodos

En este estudio se analizó la base de datos STAFF III [5], que consta de 102 pacientes que recibieron intervención coronaria percutánea (ICP) selectiva en una de las arterias coronarias principales: 21 en la arteria circunfleja izquierda (LCx), 47 en la arteria

coronaria derecha (RCA) y 34 en la arteria descendente anterior izquierda (LAD).

Se obtuvieron registros ECG de 12 derivaciones antes (registro de control, CR) y durante (registro ICP, ICPR) del procedimiento clínico. Todas las grabaciones fueron digitalizadas a una frecuencia de muestreo de 1000 Hz.

A 35 de los 102 pacientes se les realizó una cuantificación gammagráfica mediante imágenes tomográficas y tecnecio (^{99m}Tc) sestamibi como agente de contraste para evaluar la extensión y severidad (reducción global) de la oclusión [6].

El preprocesamiento de las señales de ECG incluyó filtrado, detección de QRS [7] y promediado de latidos en bloque (para CR) o exponencial (para ICPR) [3].

Para el registro CR, se realizó un promediado en bloque utilizando ventanas no superpuestas de 10 s y se calcularon latidos promedio para la caracterización del ECG. Para el registro ICPR, se realizó un promediado exponencial: $\bar{x}_i(n) = (1 - \alpha) \bar{x}_{i-1}(n) + \alpha x_i(n)$, donde $\alpha = 0.25$, i es el índice de latido, $x_i(n)$ es el latido i y $\bar{x}_i(n)$ es el latido i promediado exponencialmente. Para la caracterización del ECG se consideró el último latido dentro de cada ventana de 10 segundos del ICPR.

Los latidos promediados a lo largo de los registros CR y ICPR se delinearón [7] y se calcularon la duración del complejo QRS (QRS_d), la amplitud de pico a pico del QRS (QRS_{am}), la amplitud de la onda T (T_{am}), el área de la onda T (T_{ar}), la desviación del segmento ST (ST_{de}) y la relación T_{am}/QRS_{am} .

Para monitorizar los cambios inducidos por la isquemia durante la ICP calculamos el valor absoluto del índice de cambio relativo $R_i(t_j)$ [3] ($|R_i(t_j)|$) para cada marcador del ECG (i) en cada una de las 12 derivaciones, calculado a partir del cambio total del marcador en ICPR dividido entre la desviación estándar del marcador en CR

Resultados

La Figura 1 muestra la evolución temporal de los cambios en los marcadores de ECG analizados durante los primeros 4 minutos de oclusión coronaria. Todos los marcadores presentaron cambios notables durante la oclusión, siendo la ST_{de} la más significativa ($|R_t(t_j)| = 18.20$) seguida de los marcadores que describen características de repolarización como la amplitud y el área de la onda T ($|R_t(t_j)| = [9.22 - 9.67]$). Los marcadores relacionados con la despolarización mostraron cambios más lentos y de menor magnitud durante la oclusión ($|R_t(t_j)| = [5.05 - 7.5]$).

Los cambios más marcados se observaron en los pacientes con oclusión en LAD, especialmente en los parámetros representativos de la onda T y el segmento ST.

El análisis de los cambios del ECG durante la oclusión en las 12 derivaciones reveló distintos perfiles de distribución espacial dependiendo de la arteria ocluida (ver el análisis para T_{am} en la Figura 2). Los perfiles espaciales mostraron que para la oclusión de LAD V3 y V4 (que representan la zona anterior del corazón) fueron las derivaciones que mostraron la mayor magnitud de cambio, y las derivaciones II, III y aVF (que representan la zona inferior del corazón) en el grupo de RCA. El grupo LCx, sin embargo, no mostró un perfil espacial claro para ningún biomarcador.

Conclusiones

Al comparar los registros de ECG antes y durante la isquemia inducida por ICP, hemos observado que, además de la desviación del segmento ST, otros marcadores de despolarización y repolarización del ECG sufren cambios importantes durante la isquemia. Los marcadores de onda T y del segmento ST muestran cambios más rápidos y de mayor magnitud que los marcadores relacionados con el complejo QRS. La magnitud y evolución temporal de esos cambios varían en función la arteria ocluida, presentando todos los marcadores analizados un perfil espacial distintivo, particularmente para las oclusiones LAD y RCA.

Referencias

- [1] VADUGANATHAN M., et al, 2020. The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks. *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 76, no. 25, pp. 2980-2981. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.11.021
- [2] THYGESEN, K., et al, 2018. Fourth Universal Definition of Myocardial Infarction. *Circulation*, vol. 138, n° 20, 2018. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000617
- [3] PUEYO, E., et al, 2008. QRS Slopes for Detection and Characterization of Myocardial Ischemia. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 55, n° 2, pp. 468-477. DOI: 10.1109/TBME.2007.902228
- [4] PESSAH, M., et al, 2022. Early ischemic ST-segment and T-wave changes during balloon angioplasty. *Journal of Electrocardiology*, vol. 73, pp. 87-95. DOI:
- [5] MARTÍNEZ, J. P., et al, 2017. The STAFF III Database: ECGs Recorded During Acutely Induced Myocardial Ischemia», *2017 Computing in Cardiology (CinC)*. DOI: 10.22489/CinC.2017.266-133
- [6] PERSSON, E., et al, 2002. Quantification of myocardial hypoperfusion with 99mTc-sestamibi in patients undergoing prolonged coronary artery balloon occlusion. *Nuclear Medicine Communications*, vol. 23, n° 3, pp. 219-228. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2022.06.003
- [7] MARTÍNEZ, J. P., et al, 2004. A Wavelet-Based ECG Delineator Evaluation on Standard Databases. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 51, n° 4, pp. 570-581. DOI: 10.1109/TBME.2003.821031

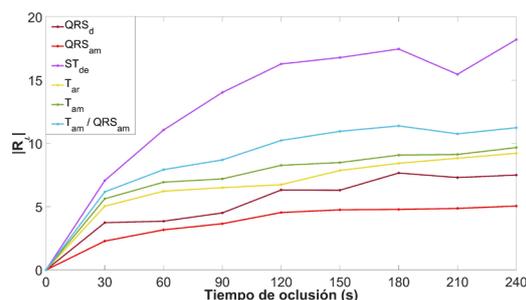


Figura 1. Valores medianos de $|R_t|$ entre pacientes, calculados a partir de la media de las 12 derivaciones analizadas. Se muestran valores cada 30 segundos desde el inicio de la oclusión.

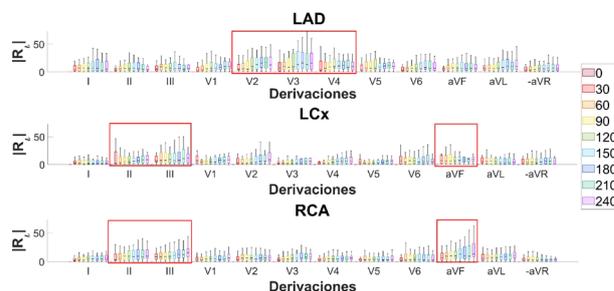


Figura 2. Perfiles de distribución espaciales de derivaciones para la amplitud de la onda T representados como diagramas de caja de $|R_t|$ calculados en cada una de las derivaciones analizadas cada 30 segundos desde el inicio de la oclusión.