

Análisis frecuencial del complejo QRS del electrocardiograma para la caracterización de la estimulación con marcapasos

Clara Sales¹, Jorge Melero², Javier Ramos², Ana Mincholé¹, Esther Pueyo¹

¹ 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: csales@unizar.es

² Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa

Resumen

Se propone el análisis de bajas frecuencias del complejo QRS para caracterizar los efectos en la activación ventricular tras la estimulación con marcapasos en pacientes bradicárdicos. Los resultados obtenidos podrían aplicarse para mejorar la identificación de zonas de estimulación que conduzcan a una activación ventricular más fisiológica.

Introducción

La estimulación convencional de ventrículo derecho (EVD) se ha relacionado con fibrilación auricular y muerte súbita [1] debido a la disincronía ventricular que genera en pacientes bradicárdicos con implante de marcapasos. La estimulación en la rama izquierda del haz de His (ERI) se ha propuesto como una nueva modalidad de estimulación fisiológica [2] capaz de superar las limitaciones de la EVD. La medida estándar no invasiva de la sincronía de activación ventricular es la duración del QRS (QRSd). Sin embargo, se necesita un conocimiento más profundo no sólo de la duración de la activación sino también de la secuencia de activación para evaluar los efectos de la EVD y la ERI en pacientes bradicárdicos.

El objetivo de este estudio es estimar la activación ventricular precordial a partir del ECG estándar de 12 derivaciones de pacientes bradicárdicos con QRS estrecho (conducción fisiológica) y bloqueo de rama derecha del haz de His (BRD, conducción alterada) y comparar la estimulación ERI frente a EVD.

Materiales y Métodos

Se recogieron ECGs de 99 pacientes bradicárdicos con indicación de marcapasos (37 EVD, 62 ERI) de 12 derivaciones muestrados a 1000 Hz de pacientes, tanto antes como después del implante del mismo en el Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. Los pacientes se clasificaron según presentaran QRS estrecho o tuvieran BRD.

Se utilizaron dos métodos diferentes para el análisis frecuencial del complejo QRS en las derivaciones precordiales V1-V6: (1) bandas de alta frecuencia (AF) entre 150 y 450 Hz (150-250, 200-300, 250-350, 300-400 y 350-450); (2) bandas de baja frecuencia (BF) entre 10 y 60 Hz (10-30, 20-40, 30-50 y 40-60). Se filtró el ECG en cada una de las bandas de frecuencia descritas y se obtuvo la mediana de las envolventes positivas de los complejos QRS calculada a partir de la transformada de Hilbert. El complejo QRS se definió desde 120 ms antes hasta 120 ms después del punto fiducial delineado. Se normalizó en amplitud y se promedió en frecuencia, dividiendo la envolvente mediana por su área y obteniendo la media de todas las bandas de frecuencia. Los latidos obtenidos en cada derivación se denominaron AF-QRS y BF-QRS para el análisis AF y BF, respectivamente.

Para la evaluación de la secuencia de activación, se localizó la muestra con la amplitud máxima en AF-QRS y BF-QRS de cada paciente y derivación. Se identificaron las primeras muestras antes y después cuya amplitud fuera mayor del 50% de dicha amplitud máxima para establecer el intervalo en el que se calculó el centro de masas, al que se denominó tiempo de activación (IAt). Se definió el retardo en la activación precordial (pAD) como la máxima diferencia entre los tiempos IAt de las derivaciones V1-V6. Valores positivos de pAD indicaron retardo en la activación ventricular izquierda (AVI) y los negativos, retardo en la activación ventricular derecha (AVD). Valores absolutos bajos de pAD son indicativos de una activación ventricular más rápida y sincronizada.

Por último, se construyeron las secuencias de activación trazando una línea que conectaba los valores IAt de V1 a V6. Para calcular la secuencia de activación media entre todos los pacientes de un grupo analizado (EVD o ERI), se desplazó la secuencia de activación de cada paciente de modo que el IAt mínimo fuera 0 ms. Posteriormente, se calcularon la media y el 95% de los valores de IAt de cada grupo. Para facilitar las comparaciones visuales

entre grupos, las representaciones de las secuencias de activación se centraron en V2.

Resultados y Discusión

Los análisis AF-QRS y BF-QRS incluyeron 62 y 96 pacientes, respectivamente, debido a que algunos registros se descartaron para los análisis por no superar criterios de calidad. No se observaron diferencias significativas en el estado basal entre los grupos de pacientes con ERI y EVD. Los dos métodos frecuenciales mostraron secuencias de activación basales con alta sincronización en V1-V6 en pacientes con QRS estrecho y con un retardo remarcable en V1 en los pacientes con BRD.

Tras el implante, se observaron mayores valores de pAD ($p < 0,01$) para EVD que para ERI en ambos análisis frecuenciales, como se muestra en la Figura 1, lo que respalda al ERI como una modalidad de estimulación más fisiológica. Los pacientes con BRD mostraron secuencias de activación más fisiológicas tras ERI, lo que se refleja en valores menos negativos de pAD comparados con la situación previa al implante [AF-QRS: $-26(-58,-7)$ vs $-16(-22,-10)$ ms, $p=0,28$; BF-QRS: $-35(-50,-28)$ vs $-22(-42,-18)$ ms, $p=0,50$]. Tras la estimulación EVD, se observó un retraso significativo en V6 en los pacientes con BRD en ambos análisis frecuenciales, lo que se refleja en un cambio significativo de pAD [AF-QRS: $-23(-72,3)$ vs $20(10,51)$ ms, $p < 0,01$; BF-QRS: $-23(-70,-11)$ vs $39(31,61)$ ms, $p=0,01$]. Los pacientes con QRS estrecho presentaron retraso del ventrículo izquierdo tras EVD, pero sólo resultó significativo para BF-QRS ($7(-12,16)$ vs $31(17,38)$ ms, $p=0,001$). Tras ERI, no se observaron diferencias significativas en pAD mediante BF-QRS, pero sí mediante AF-QRS ($12(-2,15)$ vs $-7(-18,6)$ ms, $p=0,004$).

Las secuencias de activación tras EVD fueron similares a las mostradas en estudios previos mediante análisis de ECGs de ultra-alta frecuencia con retardos en AVD de 24, 19 y 33 ms al marcapasear diferentes zonas del ventrículo derecho [3] y de 24 y 12 ms en AVI tras ERI al estimular el septo del ventrículo izquierdo y ERI no selectiva [4].

Los dos análisis frecuenciales de este estudio mostraron resultados coherentes e indicaron que la estimulación ERI mejora la sincronía de la despolarización ventricular, pero no así la estimulación EVD, tanto en pacientes con QRS estrecho como con BRD. Mientras que el análisis BF-QRS pudo aplicarse a todos los complejos QRS, el análisis AF-QRS se limitó a 62 pacientes, ya que

todos los demás complejos presentaban ruido y no satisfacían criterios de calidad para el análisis.

Conclusiones

El análisis BF-QRS permite caracterizar los efectos de la estimulación con marcapasos en pacientes bradicárdicos. Este análisis podría aplicarse sobre registros standard de ECG de 12 derivaciones para mejorar la identificación de zonas de estimulación asociadas a una activación ventricular más fisiológica.

FIGURAS

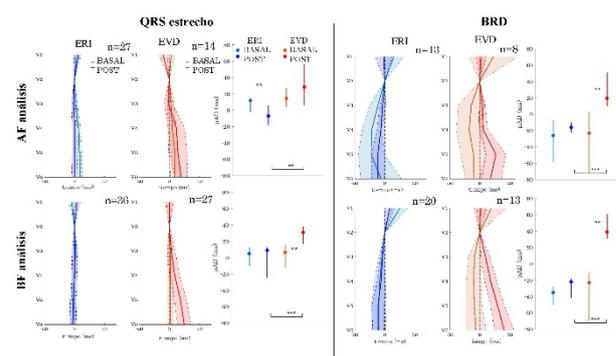


Fig 1. Secuencias de activación medias (CI) y mediana (CI) de pAD para los grupos ERI y EVD en los estados basal y post-implantación para los análisis de AF-QRS y BF-QRS en pacientes con QRS estrecho y BRD.

REFERENCIAS

- [1]. CRONIN, E.M., Paul J. and Milan C. Right. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2017, 10(10), e004711. Available from: 10.1161/CIRCEP.116.004711
- [2]. CHEN, K., LI, Y., DAI, Y., SUN, Q., LUO, B., LI, C. and ZHANG, S. *Europace: European Pacing, Arrhythmias, and Cardiac Electrophysiology: Journal of the Working Groups on Cardiac Pacing, Arrhythmias, and Cardiac Cellular Electrophysiology of the European Society of Cardiology*. 2019, 21(4), 673–680, Available from: 10.1093/europace/euy252.
- [3]. CURILA, K., JURAK, P., HALAMEK, J., PRINZEN, F., WALDAUF, P., KARCH, J., STROS, P., PLESINGER, F., MIZNER, J., SUSANKOVA, M., PROCHAZKOVA, R., SUSSENBEK, O., VISCOR I., VONDRA, V., SMISEK, R., LEINVEBER, P. and Pavel, O. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2021, 32(5), 1385–1394. Available from: 10.1111/jce.14985
- [4]. CURILA, K., JURAK, P., JASTRZEBSKI, M., PRINZEN, F., WALDAUF, F., HALAMEK, J., VERNOOY, K., SMISEK, R., KARCH, J., PLESINGER, F., MOSKAL, P., SUSANKOVA, M., ZNOJILOVA, L., HECKMAN, L., VISCOR, I., VONDRA, V., LEINVEBER, P. and OSMANCIK, P. *Heart Rhythm*. 2021, 18(8), 1281–1289. Available from: 10.1016/j.hrthm.2021.04.025