

Resumen

La fibrilación auricular (FA) es la arritmia más prevalente en el mundo y está asociada con una elevada morbilidad, mortalidad y costes sanitarios. A pesar de los avances en opciones de tratamiento farmacológico y terapia de ablación, el manejo de la FA todavía tiene margen de mejora. La imagen electrocardiográfica (ECGI) se ha destacado como un prometedor método no invasivo para evaluar la electrofisiología cardíaca y guiar las decisiones terapéuticas en casos de fibrilación auricular. No obstante, el ECGI se enfrenta a desafíos como la necesidad de resolver de manera precisa el denominado problema inverso de la electrocardiografía y de optimizar la calidad de las reconstrucciones de ECGI. Además, la integración del ECGI en los procesos clínicos rutinarios sigue siendo un reto, en gran medida debido a los costos que supone la necesidad de imágenes cardíacas.

Por ello, los objetivos principales de esta tesis doctoral son impulsar la tecnología ECGI mediante la determinación de sus requisitos técnicos mínimos y la mejora de las metodologías existentes para obtener señales de ECGI precisas. Asimismo, buscamos evaluar la capacidad de ECGI para cuantificar de forma no invasiva la complejidad de la FA. Para lograr estos objetivos, se han llevado a cabo diversos estudios a lo largo de la tesis, desde el perfeccionamiento del ECGI hasta la evaluación de la FA utilizando esta tecnología.

En primer lugar, se han estudiado los requisitos geométricos y de señal del problema inverso mediante el estudio de los efectos de la densidad de la malla del torso y la distribución de electrodos en la precisión del ECGI, lo que ha conducido a la identificación del número mínimo de nodos y su distribución en la malla del torso. Además, hemos identificado que para obtener señales de ECGI de alta calidad, es crucial la correcta disposición de los electrodos en la malla del torso reconstruido. Asimismo, se ha definido y evaluado una nueva metodología de ECGI sin necesidad de usar técnicas de imagen cardíaca. Para ello, hemos comparado métricas derivadas del ECGI calculadas con la geometría original del corazón de los pacientes con las métricas medidas en diferentes geometrías cardíacas. Nuestros resultados han mostrado que el ECGI sin necesidad de imágenes cardíacas es efectivo para la correcta cuantificación y localización de los patrones y zonas que mantienen la FA. En paralelo, hemos optimizado la regularización de Tikhonov de orden cero actual y la optimización de la curva L para el cálculo de las señales ECGI, investigando cómo el ruido eléctrico y las incertidumbres geométricas influyen en la regularización. A partir de ello, propusimos un nuevo criterio que realza la precisión de las soluciones de ECGI en escenarios con incertidumbre debido a condiciones de señal no ideales.

En segundo lugar, en esta tesis doctoral, se han llevado a cabo múltiples análisis relativos a diferentes metodologías de procesado de señales y obtención métricas derivadas del ECGI con el

fin de caracterizar mejor el sustrato cardíaco y la actividad reentrante en las señales de ECGI de pacientes con FA. Con el objetivo de obtener una comprensión más profunda de los mecanismos electrofisiológicos subyacentes a la FA, hemos establecido la estrategia de filtrado óptima para extraer patrones reentrantes específicos del paciente y métricas derivadas de señales ECGI. Además, hemos investigado la reproducibilidad de los mapas de reentradas derivados de las señales de ECGI y hemos encontrado su relación con el éxito de la ablación de venas pulmonares (PVI). Nuestros resultados han mostrado que una mayor reproducibilidad en los patrones reentrantes de FA detectados con ECGI está relacionada con el éxito de la PVI, creando una metodología para estratificar a los pacientes con FA antes de los procedimientos de ablación.

En conclusión, esta tesis doctoral hace una contribución significativa al desarrollo de un marco más riguroso y práctico para el uso de ECGI en la práctica clínica, en particular en el ámbito de la fibrilación auricular. Los hallazgos de esta tesis tienen el potencial de mejorar la estratificación de pacientes, la planificación de terapia individualizada y mejorar los resultados de los tratamientos actuales la FA. Esta tesis sienta las bases sólidas para futuros desarrollos, enfocándose en superar las limitaciones inherentes a la tecnología ECGI y validando su utilidad para evaluar la complejidad de la FA.