



Clasificación de pacientes con fibrilación auricular persistente y persistente de larga evolución mediante ECG





Índice

- Introducción.
- Materiales.
- Métodos.
 - Preprocesado
 - Transformadas tiempo-frecuencia
 - Extracción de características
 - Clasificación
- Resultados.
- Conclusiones y trabajo futuro.





Introducción

- Fibrilación Auricular: arritmia cardiaca más frecuente
 - 33% de hospitalizaciones por arritmias cardiacas
 - 4.5 millones pacientes UE, 2.2 millones en USA
 - Aumenta con la edad: <1% menores de 60, 15% mayores 80
- Arritmia supraventricular
 - Rápida activación de las aurículas
 - Desorganización en la función mecánica auricular
 - Aurículas y ventrículos no coordinados
 - ECG: ausencia de onda P, oscilaciones rápidas y cambiantes de tamaño, forma y frecuencia.
 - Derivaciones: II, VI, V2



Introducción

- Clasificación FA en diferentes subtipos
 - Paroxística
 - Remiten espontáneamente en menos de 7 días
 - Persistente
 - Requiere intervención externa para restaurar el ritmo sinusal
 - Persistente de larga evolución
 - Episodios persistentes en un periodo superior a 1 año
 - Permanente
 - No se puede restaurar el ritmo sinusal, cardioversión no exitosa
- Evolución progresiva
- Tratamiento mediante antiarrítmicos o cardioversión eléctrica para restaurar el ritmo sinusal.



Introducción

- Actualmente: clasificación a posteriori.
 - Importancia de la clasificación: tratamiento diferente
 - Ablación por catéter indicada en FA parox. o persist. inicial
 - Tasa de eliminación de arritmia sin antiarrítmicos: 75-80%
 - Eficacia drásticamente reducida en persist. larga evolución
 - NO recomendada en estos casos.
 - Baja probabilidad de mantener ritmo sinusal
 - Mejor: tratamiento farmacológico de control del ritmo
- Objetivo: diferenciación temprana de persist. vs persist. larga evolución -> ECG
- Problema no estudiado sobre cohortes medicadas



Materiales

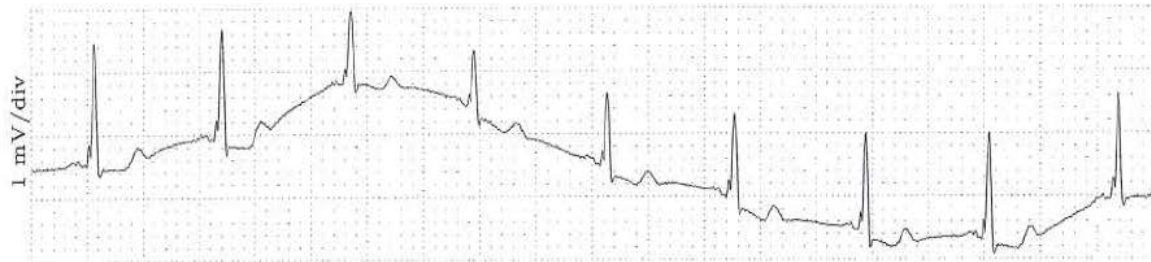
- Señales ECG 5s, derivación bipolar II.
- Philips PageWriter TC50, $f_s=500\text{Hz}$
- Cohorte: 132 pacientes consecutivos. HUP La Fe
 - 76 FA persistente
 - 56 FA persistente larga evolución
- Características clínicas
 - FA persist. → Menor daño estructural, menor diámetro de aurícula izquierda, menor n° de otras patologías
 - Diferencias no significativas



Preprocesado

- Ruido y artefactos:

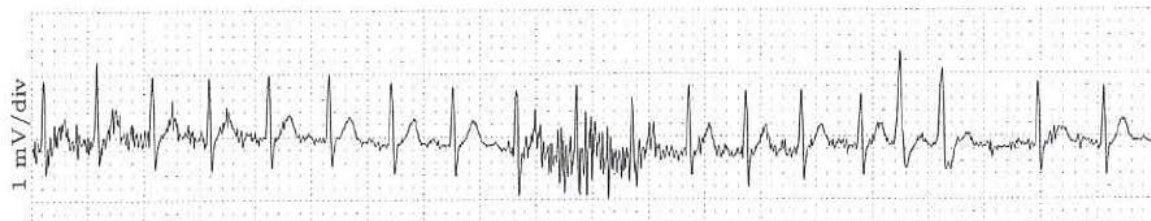
- Línea de base



- Movimiento
electrodos



- Ruido EMG



- Ruido de red (50Hz)



Preprocesado

- Cancelación actividad ventricular
 - 1.- Detección QRS
 - 2.- Alineamiento
 - 3.- Descomposición SVD
 - 4.- Act. ventricular: 1^a componente adaptada en amplitud
 - 5.- Reconstrucción de la actividad auricular eliminando dicha componente





Transformadas tiempo-frec.

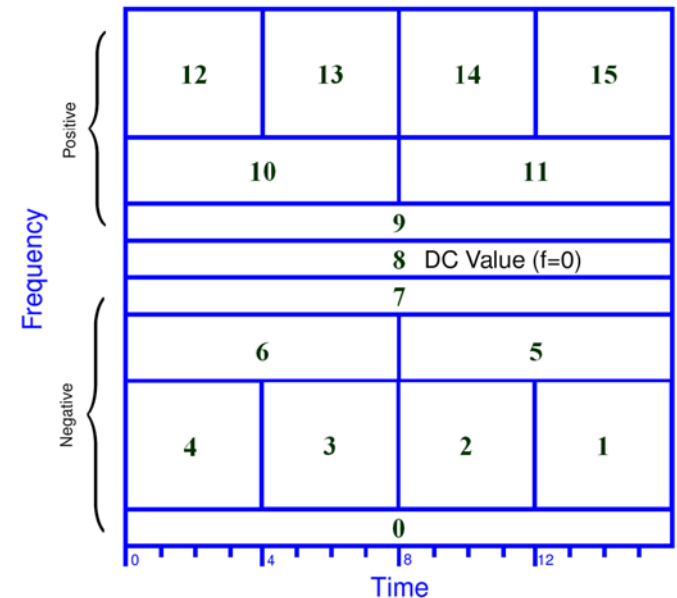
- ECG no-estacionario
- Fourier → Limitaciones
 - Refs. previas FA parox./persist.: frec. dominante de la act. auricular
- Transformada de Fourier en tiempo corto
 - ✓ Implementación eficiente, ✓ Referencia de fase global
 - ✗ Tamaño de ventana fijo, ✗ resol. temporal y frec. simultáneamente
- Transformada de Stockwell

$$(Sf)(\tau, \nu) = |\nu| \int_{-\infty}^{\infty} g_0(\nu(t - \tau)) e^{-2\pi i \nu t} f(t) dt$$

- ✓ Referencia de fase global, ✓ Resolución progresiva
- ✗ Alto coste computacional y altos requerimientos de memoria

Transformadas tiempo-frec.

- Implementación eficiente y no redundante de la transformada de Stockwell en versión discreta
- **GFT** (Brown et al. 2010).
 - Esquema de muestreo en octavas
 - Vector de N coefs.
 - Simetría
 - $O(N \log N)$ vs. ST: $O(N^3)$





Extracción de características

- Guo et al. (2010) → información significativa de la ST en la fase
- Physiol. Meas. 36(2015) → variaciones de fase en FA parox. > var. fase FA persist.

1.- Análisis tiempo-frecuencia: GFT + normalizado

2.- Norma L^1 de la fase de las variaciones: $\sum_{h=1}^{N-1} |\phi_h|$

- Para bandas de frecuencia 4-5: 1,71-7,57 Hz

- $\{a_{b1}, a_{b2}, \dots, a_{bN}\}$ N muestras de banda b

$$z_h e^{i\phi_h} = a_{bh+1} - a_{bh}, \quad z_h \geq 0, \quad -\pi \leq \phi_h \leq \pi.$$





Extracción de características

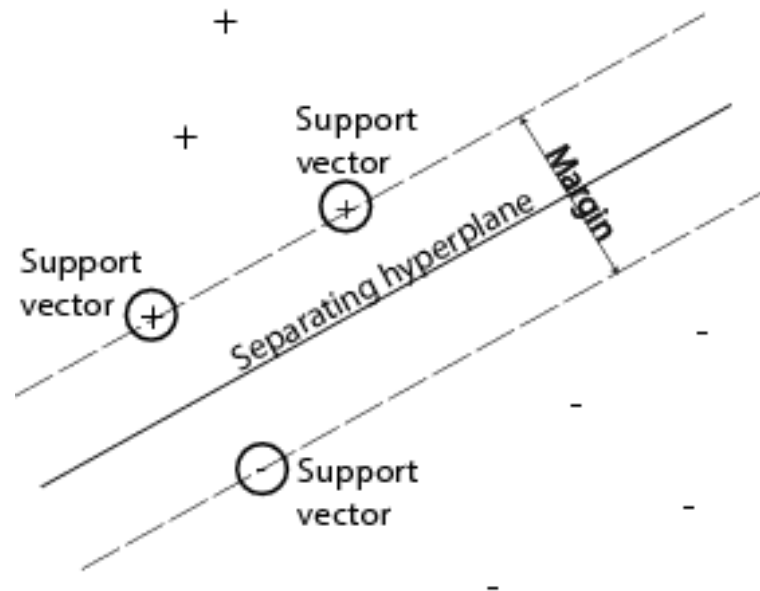
- Además, aplicación de pesos para enfatizar las diferencias significativas

$$F_k = \begin{cases} \sum_{h=1}^{N-1} |\phi_h|, & \text{if } \sum_{h=1}^{N-1} |\phi_h| < \mu_k \frac{\sum_{h=1}^{N-1} |z_{h+1} - z_h|}{N} \\ \gamma_k \sum_{h=1}^{N-1} |\phi_h|, & \text{if } \sum_{h=1}^{N-1} |\phi_h| \geq \mu_k \frac{\sum_{h=1}^{N-1} |z_{h+1} - z_h|}{N} \end{cases},$$

- Característica adicional: distancia entre picos R

Clasificación

- Support Vector Machines (SVM)
 - Encontrar el hiperplano que mejor separa los datos
 - Máxima distancia entre clases: máximo margen de los vectores soporte al hiperplano
 - Vectores soporte: puntos más próximos al hiperplano separador





Clasificación

- Librería LIBSVM (Chang & Lin, 2011)
 - Validación cruzada (5): evitar sobreentrenamiento
 - RBF (Radial Basis Function): kernel no-lineal
$$K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \exp(-\gamma \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|^2), \gamma > 0$$
 - Conjunto de entrenamiento: 20 sujetos
 - 10 FA persistente
 - 10 FA persistente larga evolución
 - Maximizar precisión global

$$Accuracy = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Specificity = \frac{TP_{ls}}{TP_{ls} + FP_{pe}}$$

$$Sensitivity = \frac{TP_{pe}}{TP_{pe} + FP_{ls}}$$

$$F\text{-score} = \frac{2TP_{pe}}{2TP_{pe} + FP_{pe} + FP_{ls}}$$



Resultados

- Elección nº de entrenamiento \rightarrow bootstrap con intervalos de confianza al 95%
- Parámetros pesos: determinados experimentalmente

- Modo iterativo

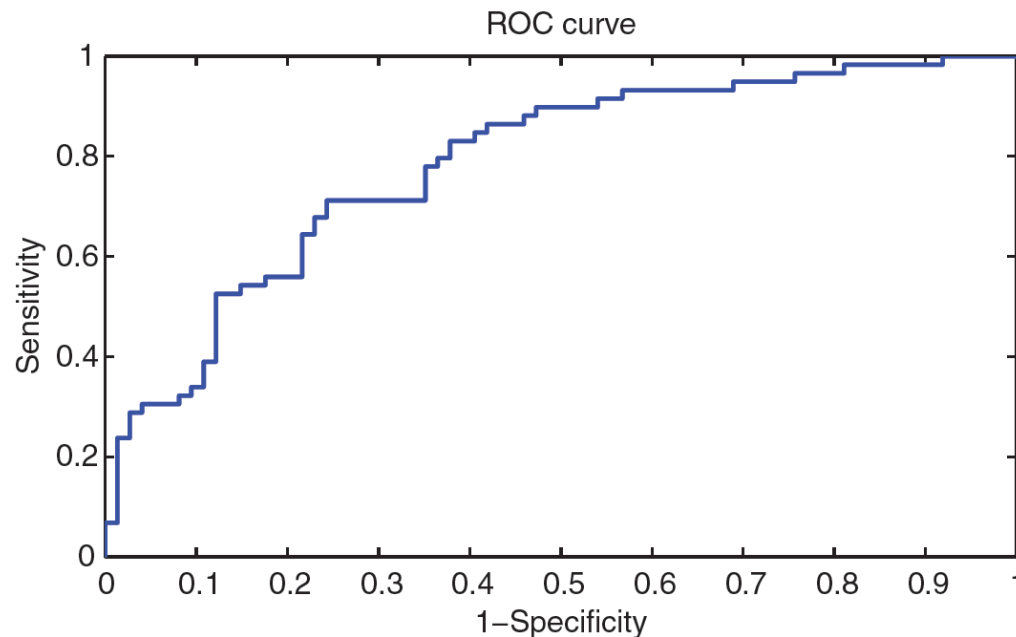
$$\mu_4=1.4 \quad \mu_5=1.2 \quad \gamma_4=2.8 \quad \gamma_5=2.8$$

- Clasificación

	Sensitivity	Specificity	Accuracy	F-score
Training dataset	0.8	0.9	0.85	0.8421
Test set	0.7273	0.74	0.7328	0.7619

Resultados

- Curva ROC (Receiver Operating Characteristic)
 - Área bajo la curva: 0,7856
 - Intervalo de confianza al 95%: [0,7092-0,8620]



Resultados

- Comparativa con otras referencias

	Sensitivity	Specificity	Accuracy	F-score
Dominant frequency of atrial activity (AA) [25]	0.5	0.4375	0.4754	0.5362
Dominant frequency of AA, RR_{mean} , heart rate [9]	0.7837	0.5	0.6721	0.7436
Sample entropy of main atrial wave [2]	0.1351	0.8125	0.4016	0.2151
Modulus, phase and energy variations of ECG [19]	0.3378	0.8542	0.5410	0.4717
Multivariate organization index (MOI) [29]	0.2162	0.7708	0.4344	0.3168
Multivariate spectral entropy (MSE) [29]	0.1081	0.7917	0.3770	0.1739
MOI and MSE [29]	0.2973	0.75	0.4754	0.4074
Proposed method	0.7273	0.74	0.7328	0.7619

- [29] Clasif. FA persist. vs persist. larga evol. sin tratamiento

Resultados

- Resultados para algunas características clínicas
 - Influencia de comorbilidades

Characteristics	N _{persistent}	N _{long-standing}	Sensitivity	Specificity	Accuracy
No structural heart disease	29	9	0.7586	0.8889	0.7895
No previous electric cardioversion	31	34	0.7742	0.8235	0.8
No left atrium dilatation	13	4	0.7692	1	0.8235
No antiarrhythmic drugs	28	37	0.75	0.8108	0.7846
Mean			0.7630	0.8840	0.8008

- Mejor en pacientes sin cardiopatías estructurales, sin dilatación de la aurícula izquierda → modif. carac. eléct.



Conclusiones y trabajo futuro

- Método para clasificar FA persistente y FA persistente de larga evolución sobre conjuntos de pacientes heterogéneos
- Primer trabajo realizado sobre sujetos sin privación de tratamiento antiarrítmico
 - Elección de mejor tratamiento para paciente: ¿ablación?
- Fase de la ST es altamente significativa
- Trabajo futuro:
 - Aumento de la base de datos, mantener heterogeneidad
 - Estudio reconexión espontánea venas pulmonares



Referencias

- **N. Ortigosa, C. Fernández, A. Galbis, O. Cano. *Classification of persistent and long-standing persistent atrial fibrillation by means of surface electrocardiograms*, Biomed. Eng.-Biomed. Tech. 2015. DOI 10.1515/bmt-2014-0154**
- N. Ortigosa, C. Fernández, A. Galbis, O. Cano. *Phase information of time-frequency transforms as key feature for classification of atrial fibrillation episodes*, *Physiol. Meas.* 36(3), pp. 409-424, 2015.
- N. Ortigosa, O. Cano, A. Galbis, C. Fernández. *Classification of Atrial Fibrillation Episodes by means of Phase Variations of Time-Frequency Transforms*, *Computing in Cardiology* 42, pp. 41-44, 2015.
- N. Ortigosa, O. Cano, G. Ayala, A. Galbis, C. Fernández. *Atrial fibrillation subtypes classification using the General Fourier-family transform*, *Med. Eng. Phys.* 36(4), pp.554-560 , 2014.

