

Factores predictores de éxito de la cardioversión eléctrica en la fibrilación auricular

Dra. Marleny Cruz Cardentey^a✉, Dra. Taimara Pérez Rivera^b y Dra. Annerys Méndez Rosabal^a

^a Servicio de Arritmia y Marcapaso. Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". La Habana, Cuba.

^b Servicio de Cardiología. Hospital Clínico Quirúrgico "Enrique Cabrera". La Habana, Cuba.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 15 de abril de 2014

Aceptado: 10 de junio de 2014

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

CVE: cardioversión eléctrica

DTDVI: diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo

FA: fibrilación auricular

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo

TIV: tabique interventricular

Versiones On-Line:

Español - Inglés

✉ M Cruz Cardentey

Hospital Hermanos Ameijeiras

San Lázaro 701, e/ Belascoaín y

Marqués González. Centro Habana

CP 10300. La Habana, Cuba.

Correo electrónico:

marleny.cruz@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La cardioversión eléctrica es una terapéutica efectiva para restaurar el ritmo sinusal en la fibrilación auricular y su éxito se ha relacionado con diferentes variables.

Objetivo: Relacionar variables clínicas, eléctricas y ecocardiográficas con el éxito de la cardioversión eléctrica en la fibrilación auricular y con la energía útil empleada para restaurar el ritmo sinusal.

Método: Se realizó un estudio longitudinal y prospectivo en 82 pacientes con fibrilación auricular tratados con cardioversión eléctrica electiva.

Resultados: La cardioversión eléctrica fue exitosa en el 81,7 % de los pacientes. La insuficiencia cardíaca ($p=0.000$), la valvulopatía mitral ($p=0.001$), los episodios arritmicos previos ($p=0.005$), el incremento del tiempo de evolución ($p=0.019$), del diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo ($p=0.000$), y del diámetro, el área y la presión de la aurícula izquierda ($p=0.000$, $p=0.008$, $p=0.000$, respectivamente), se asociaron con una disminución del éxito del choque. La fracción de eyección del ventrículo izquierdo es el único predictor independiente de éxito (OR 2,1; IC 95 %, $p=0.048$). Con una mayor energía útil se relacionaron los episodios previos ($p=0.000$), la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo ($p=0.000$), la mayor edad ($p=0.037$), los incrementos del tiempo de evolución ($p=0.02$), del diámetro ventricular izquierdo ($p=0.000$), del diámetro, el área y la presión de la aurícula izquierda ($p=0.000$, $p=0.000$ y $p=0.000$, respectivamente) y del área de la aurícula derecha ($p=0.016$).

Conclusiones: La fracción de eyección del ventrículo izquierdo es un predictor independiente del éxito de la cardioversión eléctrica en la fibrilación auricular. La presencia de remodelado biauricular, de disfunción ventricular izquierda, de episodios arritmicos previos y de una larga evolución, requieren niveles superiores de energía para restaurar el ritmo sinusal.

Palabras clave: Fibrilación auricular, Cardioversión eléctrica, Disfunción ventricular izquierda

Predictors of success of electrical cardioversion for atrial fibrillation

ABSTRACT

Introduction: Electrical cardioversion is an effective therapeutic procedure to restore sinus rhythm in atrial fibrillation, and its success has been related to different variables.

Objective: To relate clinical, electrical and echocardiographic variables to the success of electrical cardioversion for atrial fibrillation and to the amount of energy used to restore sinus rhythm.

Method: A prospective longitudinal study was conducted in 82 patients with atrial fibrillation who were treated with elective electrical cardioversion.

Results: Electrical cardioversion was successful in 81.7% of patients. Heart failure ($p=0.000$), mitral valve disease ($p=0.001$), previous arrhythmic events ($p=0.005$), increased time to progression ($p=0.019$), increased left ventricular telediastolic diameter ($p=0.000$), and increased diameter, area and pressure of the left atrium ($p=0.000$, $p=0.008$, $p=0.000$, respectively), were associated with a decrease in the success of the shock. Left ventricular ejection fraction was the only independent predictor of success (OR 2.1; 95% CI, $p=0.048$). The use of a higher amount of energy was related to previous arrhythmic events ($p=0.000$), decreased left ventricular ejection fraction ($p=0.000$), older age ($p=0.037$), increased time to progression ($p=0.02$), increased left ventricular diameter ($p=0.000$), increased diameter, area and pressure of the left atrium ($p=0.000$, $p=0.000$ and $p=0.000$, respectively) and increased area of the right atrium ($p=0.016$).

Conclusions: The left ventricular ejection fraction is an independent predictor of the success of electrical cardioversion for atrial fibrillation. The presence of biatrial remodeling, left ventricular dysfunction, previous arrhythmic events and a long progression require higher amounts of energy to restore sinus rhythm.

Key words: Atrial fibrillation, Electrical cardioversion, Left ventricular dysfunction

INTRODUCCIÓN

La fibrilación auricular (FA) es la taquiarritmia más frecuente, considerada un predictor independiente de mortalidad y de enfermedad cerebrovascular isquémica. Aproximadamente el 1 % de la población adulta la padece, con proporciones que pueden variar entre el 0,1 % en los menores de 55 años y el 9 % en los mayores de 80 años. Su incidencia real se subestima debido al alto porcentaje que cursa de forma asintomática y su diagnóstico es un hallazgo^{1,2}. Ocupa el 5 % del total de los ingresos cardiovasculares y la tercera parte de los de causa arrítmica, por lo que es considerado en la actualidad como un macro-problema social³.

La FA tiene un efecto acumulativo y el remodelado auricular eléctrico, contráctil y estructural la auto-perpetúa. Cada nuevo episodio incrementa la frecuencia y duración de los paroxismos, y disminuye la efectividad de los fármacos antiarrítmicos y de la cardioversión eléctrica (CVE).

La tasa de éxito inmediata de la CVE en la FA oscila entre 50-90 %, según las distintas series, y se ha relacionado con diferentes variables como: edad, índice de masa corporal, cardiopatía subyacente, duración,

episodios previos, uso de antiarrítmicos, remodelado atrial, función ventricular, y energía y tipo de onda del choque⁴⁻⁶. A pesar de ser un procedimiento seguro, se han comunicado complicaciones graves de tipo pro-arrítmicas, tromboembólicas y anestésicas⁷; por tal razón, deberán evaluarse juiciosamente e individualizadas las probabilidades de éxito del procedimiento.

Esta investigación se realizó con el objetivo de relacionar variables clínicas, eléctricas y ecocardiográficas con el éxito de la CVE en la FA y con la energía útil requerida para restaurar el ritmo sinusal.

MÉTODO

Se realizó un estudio descriptivo, longitudinal y prospectivo en la consulta de cardiología del Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras", en el período de abril del 2008 a abril del 2010. La muestra la constituyeron 82 pacientes con FA a los que se les realizó CVE electiva, por lo que se excluyeron las CVE de urgencia.

En una consulta previa a la CVE electiva se realizó interrogatorio, examen físico, electrocardiograma y ecocardiograma, donde se obtuvieron las variables clínicas y ecocardiográficas de interés: sexo, edad, co-

lor de la piel, cardiopatía subyacente, tiempo de evolución de la FA, episodios previos, uso de fármacos antiarrítmicos, respuesta ventricular, fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo (DTDVI), grosor del tabique interventricular (TIV), y diámetro, área y presión de las aurículas derecha e izquierda.

La CVE se realizó bajo anestesia con propofol a dosis de 1-2 mg/kg, las paletas en la posición estándar y con tipo de onda bifásica. Los niveles de energía fueron crecientes, con valores entre 100 y 360 Joules, con un máximo de 3 choques.

Se consideró CVE exitosa a la presencia de ritmo sinusal posterior al procedimiento y su mantenimiento durante los primeros 30 minutos. Se catalogó como energía útil a la energía empleada en el choque exitoso.

La FEVI se determinó por el método de Teichholz y en los casos con asinergia ventricular se utilizó el de área-longitud. El DTDVI, el grosor del TIV y el diámetro de la aurícula izquierda se obtuvieron en eje largo paraesternal. El diámetro de la aurícula derecha y el área de ambas aurículas se obtuvieron en la vista de cuatro cámaras. Las presiones auriculares se calcularon por las fórmulas:

- Presión aurícula derecha = $E/E' \times 1,76 - 3,7$
- Presión aurícula izquierda = $E/E' \times 1,24 + 1,91$

La velocidad de la onda E se obtuvo por Doppler pulsado en los flujos mitral y tricuspídeo, según correspondiera. La velocidad de la onda E' se adquirió por Doppler tisular del anillo lateral de las válvulas mitral y tricúspide, según correspondiera.

Los pacientes con FA de más de 48 horas o de duración dudosa, se anticoagularon con warfarina sódica, 3 semanas antes y 4 semanas después de la CVE (INR entre 2,0 - 3,0), además se emplearon antiarrítmicos por un tiempo superior a 3 meses posterior al choque. En los de duración inferior a las 48 horas solo se empleó heparina sódica (50 mg) durante el procedimiento, y el uso de antiarrítmicos fue opcional.

Se utilizó la prueba *t de Student* de comparación de medias, para determinar la asociación entre las variables cuantitativas y el éxito de la CVE y la prueba de χ^2 , para las cualitativas. Se tomaron las variables con mayor significación en el análisis univariado y se realizó uno multivariado de regresión logística. Se empleó el procedimiento de Anova para comparar las medias de la energía útil con las variables cualitativas y el coeficiente de correlación de Pearson, para determinar la

asociación entre energía útil y las variables cuantitativas. Se consideró significativa una *p* inferior a 0.05.

RESULTADOS

La CVE fue exitosa en el 81,7 % de los pacientes (67/82). La existencia de un episodio arrítmico previo se asoció a una disminución del éxito de la CVE (*p* = 0.005); a diferencia del sexo, el color de la piel, el uso de fármacos antiarrítmicos y la respuesta ventricular, que no influyeron (**Tabla 1**).

Tabla 1. Distribución de los pacientes, según las variables clínicas y el éxito de la CVE.

CVL					
Variables	Éxito (67/82)		No éxito (15/82)		p
	Nº	%	Nº	%	
Sexo					
Masculino	48	82,8	10	17,2	0.7
Femenino	19	79,2	5	20,8	
Color de la piel					
Blanca	33	80,5	8	19,5	0.95
Negra	9	81,8	2	18,2	
Mestiza	25	83,3	5	16,7	
Episodio previo					
Sí	31	70,5	13	29,5	0.005
No	36	94,7	2	5,3	
Uso de FAA					
Sí	5	16,7	25	83,3	0.89
No	1	14,3	6	85,7	
Respuesta ventricular					
Alta	9	20,0	36	80,0	0.076
Baja	15	21,4	55	78,6	
Normal	0	0	12	100	
Enfermedades asociadas					
CI	22	32,8	5	33,3	0.970
IC	2	3,0	6	40,0	0.000
HTA	33	49,3	5	33,3	0.391
VM	8	12,0	8	53,3	0.001
DM	14	21,0	3	20,0	0.938
Edad (media)	55,28		61,33		0.078

Leyenda. CI: cardiopatía isquémica, DM: diabetes mellitus, FAA: fármacos antiarrítmicos, HTA: hipertensión arterial, IC: insuficiencia cardíaca, VM: Valvulopatía mitral.

La presencia de insuficiencia cardíaca y de valvulopatía mitral se relacionó significativamente ($p = 0.000$ y $p = 0.001$, respectivamente) a un menor éxito del choque; en cambio, el antecedente de cardiopatía isquémica, hipertensión arterial o diabetes mellitus no tuvo influencia. La media de la edad en los pacientes con CVE exitosa fue inferior, pero sin diferencias significativas, aunque con tendencia ($p = 0.078$).

En la **tabla 2** se observa que a medida que se incrementa el tiempo de evolución de la arritmia, disminuye el éxito de la CVE ($p = 0.019$).

Tabla 2. Distribución de los pacientes, según el tiempo de evolución y éxito de la CVE ($n=82$).

Tiempo de evolución	CVE				Total	
	Éxito		No éxito			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
< 48 h	6	7,32	0	0	6	7,32
48 h – 1 m	16	19,51	3	3,66	19	23,17
2 m – 6 m	28	34,15	3	3,66	31	37,8
7 m – 12 m	17	20,73	7	8,54	24	29,27
> 12m	0	0	2	2,44	2	2,44
Total	67	81,71	15	18,29	82	100

Leyenda. h: hora, m: mes
 $p = 0.019$

Tabla 3. Relación entre las variables ecocardiográficas y el éxito de la CVE.

Variables (medias)	CVE		p del éxito
	Éxito	No éxito	
Diámetro AD (mm)	30,94	35,33	0.116
Área AD (cm ²)	12,59	15,53	0.058
Presión AD (mmHg)	5,29	6,73	0.141
Diámetro AI (mm)	35,88	42,66	0.000
Área AI (cm ²)	17,91	22,67	0.008
Presión AI (mmHg)	8,28	12,60	0.000
FEVI (%)	61,03	48,47	0.000
DTDVI (mm)	45,87	54,87	0.000
TIV (mm)	11,49	11,47	0.986

Leyenda. AD: aurícula derecha, AI: aurícula izquierda

La media del diámetro, el área y la presión de ambas aurículas fue superior en los pacientes con CVE fallida (**Tabla 3**); pero solo a nivel de la aurícula iz-

quierda estas mensuraciones mostraron significación estadística ($p = 0.000$, $p = 0.008$ y $p = 0.000$, respectivamente). La media de la FEVI fue superior estadísticamente en los individuos con CVE exitosa ($p = 0.000$), mientras que el DTDVI lo fue en los que no se alcanzó éxito ($p = 0.000$). El grosor del tabique interventricular no mostró diferencias entre ambos subgrupos.

Al considerar que la muestra fue escasa para el número de variables en estudio, se tomaron aquellas con mayor significación en el análisis univariado y se aplicó un modelo de regresión logística, que mostró que la FEVI fue el único predictor independiente de éxito de la CVE ($p = 0.048$). Por cada 1 % que se incrementó la FEVI, aumentó en 2.1 la probabilidad de restaurar el ritmo sinusal (**Tabla 4**).

Tabla 4. Variables asociadas al éxito de la CVE. Análisis multivariado.

Variables	Coefficiente B	p
Edad	0,003	0.929
Área AI	-0,053	0.665
Presión AI	-0,294	0.113
FEVI	2,10	0.048
DTDVI	-0,027	0.824
Episodios previos	-2,2395	0.139
Tiempo de evolución 48 h - 1 m y 2 m - 6 m	- 14,941	0.921

Leyenda. AI: aurícula izquierda, h: horas, m: meses

La media de la energía útil para lograr una CVE exitosa fue significativamente superior en los pacientes con el antecedente de un episodio arritmico previo ($p = 0.000$); mientras que el color de la piel, el sexo, el uso de fármacos antiarrítmicos y la respuesta ventricular no mostró influencia alguna (**Tabla 5**). En la medida en que aumenta el tiempo de evolución de la arritmia se incrementa la media de la energía útil para una CVE exitosa ($p = 0.02$). Entre la edad y la energía útil para una CVE efectiva se establece un coeficiente de correlación positivo con significación estadística ($p = 0.037$); lo que demuestra que a mayor edad, se necesita más energía para restablecer el ritmo sinusal.

El área de la aurícula derecha ($p = 0.016$), así como el diámetro ($p = 0.000$), el área ($p = 0.000$) y la presión de la aurícula izquierda ($p = 0.000$), y el DTDVI ($p = 0.000$), establecen un coeficiente de correlación posi-

tivo con la energía útil (**Tabla 6**); contrariamente, se establece un coeficiente de correlación negativo con la FEVI, por lo que a menor FEVI, mayor energía requerida ($p = 0.000$). El diámetro y la presión de la aurícula derecha, y el grosor del tabique interventricular, no mostraron correlación con la variable en análisis.

Tabla 5. Correlación de los valores medios de la energía útil con las variables clínicas.

con las variables anteriores.			
Variables	CVE		P
	Media	DE	
<u>Sexo</u>			
Femenino	197,91	58,00	0.436
Masculino	199,13	51,71	
<u>Color de la piel</u>			
Blanca	203,65	52,90	0.719
Negra	200,00	54,77	
Mestiza	191,66	54,27	
<u>Episodios previos</u>			
Sí	222,72	53,32	0.000
No	171,05	37,90	
<u>Uso de FAA</u>			
Sí	179,16	25,746	0.349
No	202,14	56,102	
<u>Respuesta ventricular</u>			
Alta	195,00	53,093	0.569
Baja	200,00	50,000	
Normal	201,11	54,864	
<u>Tiempo de evolución</u>			
< 48 h	175	27,05	0.02
48 h – 1 m	189,47	54,20	
2 m – 6 m	193,54	42,3	
7 m – 12 m	210,41	62,5	
> 12m	300	0	
<u>Edad</u>	Coeficiente de correlación: 0.231		0.037

Leyenda. DE: desviación estándar, FAA: fármacos antiarrítmicos, h: horas, m: meses

DISCUSIÓN

Los cambios anatómicos y funcionales que ocurren en el miocardio atrial durante el envejecimiento, sumado

a la mayor comorbilidad del anciano, justifican la elevada incidencia, prevalencia y recurrencia de la FA en la citada subpoblación, así como la menor efectividad de las terapias para restaurar el ritmo sinusal⁸.

Tabla 6. Correlación de los valores medios de la energía útil con las variables ecocardiográficas.

Variables	Energía útil	
	Coeficiente de correlación	p
Diámetro AD	0,210	0.059
Área AD	0,266	0.016
Presión AD	0,216	0.050
Diámetro AI	0,50	0.000
Área AI	0,0394	0.000
Presión AI	0,532	0.000
FEVI	- 0,581	0.000
DTDVI	0,487	0.000
TIV	0,232	0.36

Leyenda. AD: aurícula derecha, AI: aurícula izquierda

En nuestro estudio la media de la edad de los pacientes con CVE no exitosa fue superior y con tendencia a la significación estadística, además se demostró que con el incremento de la edad aumenta la energía útil para restablecer el ritmo. En la literatura revisada, un valor de corte de la edad de 65 años se asocia con una disminución del éxito de la CVE, aunque la significación se pierde al aplicar un modelo de regresión logística⁹. Otros autores establecen el límite en 75 años¹⁰.

El remodelado auricular en la insuficiencia cardíaca favorece el origen y la perpetuación de la FA. La prevalencia de la FA en pacientes con clase funcional I es de 4 %, y se eleva hasta 50 % en pacientes en clase funcional IV¹¹. En nuestra investigación el antecedente de insuficiencia cardíaca se asoció a una disminución del éxito de la CVE, resultado que coincide con otros autores¹².

La enfermedad valvular mitral produce cambios anatómicos y electrofisiológicos en la aurícula izquierda, que favorecen la reentrada y el automatismo anormal con conducción fibrilatoria; por consiguiente, son la justificación para un menor éxito de la CVE en este subgrupo. Las investigaciones más recientes que evalúan la influencia de la valvulopatía mitral en el éxito

de la CVE, son dispares^{5,13,14}, diferencias justificables por la disparidad de las muestras y por no valorarse la gravedad de la valvulopatía.

La FA tiene un efecto acumulativo y se perpetúa en sí misma. Una aurícula es más vulnerable a fibrilar si ha tenido un episodio previo. A su vez, el episodio futuro será más duradero, más rebelde a las técnicas de cardioversión, y más vulnerable a la recurrencia y a la cronicidad. Se instaura un círculo vicioso: FA genera FA¹⁵. En nuestra serie el antecedente de un episodio previo de FA se asoció a un menor éxito de la CVE y a una mayor energía útil para restaurar el ritmo sinusal, lo que concuerda con otros autores^{12,13}.

Los fármacos antiarrítmicos modifican las propiedades electrofisiológicas de la célula miocárdica, y aniquilan los mecanismos para la génesis de la FA. Su uso previo a la CVE (en especial en las arritmias con más de 48 horas de evolución, con aurículas remodeladas y con episodios arrítmicos previos), aumenta la efectividad del choque a corto y a largo plazos. Varios estudios han identificado el uso de antiarrítmicos como un predictor independiente de éxito de la CVE^{16,17}. La ausencia de significación en nuestra investigación pudiera relacionarse al escaso volumen muestral y a la no uniformidad en cuanto al tipo de fármaco, dosis y tiempo de uso previo al choque.

El remodelado eléctrico se instaura a partir de las 48 horas de iniciada la FA, posteriormente de perpetuarse la arritmia, se establece sucesivamente el remodelado contráctil y estructural. Por consiguiente, a mayor tiempo de evolución de la FA, mayor desorden eléctrico e histológico que favorecerá su perpetuación y hará menos efectivas las técnicas de reversión^{15,18}. Varios estudios han asociado una FA de larga data con un menor éxito de la CVE^{4,6,9}. Kuppahally *et al.*¹³, encontraron que una corta duración de la FA (menos de 3 días), es un factor determinante en el éxito del procedimiento (*OR* 1,361, *p* = 0.003). En nuestra investigación, con el incremento del tiempo de evolución de la arritmia disminuye el éxito de la CVE y aumenta la media de la energía útil necesaria para restablecer el ritmo sinusal.

Según resultados del estudio Framingham, la incidencia de insuficiencia cardíaca entre los sujetos con FA fue de 33 por cada 1000 persona-año, y la incidencia de FA entre los que padecían de insuficiencia cardíaca fue de 54 por cada 1000 persona-año. Los individuos con FA o insuficiencia cardíaca que secundariamente desarrollen la otra enfermedad, tienen un

peor pronóstico, con un incremento de la mortalidad¹¹. Entre ambas afecciones se establece un círculo vicioso¹⁹. Por tal razón, la FEVI es una herramienta útil para evaluar el riesgo potencial de desarrollar la arritmia y la factibilidad de revertir a ritmo sinusal.

En nuestra investigación la media de la FEVI fue superior estadísticamente en los individuos con CVE exitosa y resultó el único predictor independiente de éxito del procedimiento. Por cada 1 % que se incrementó la FEVI, aumentó en 2.1 la probabilidad de restaurar el ritmo sinusal. Igualmente, la disminución de la FEVI se asoció a un incremento de la energía útil para considerar exitoso el procedimiento.

Muchos autores relacionan el fallo a corto y a largo plazo de la CVE con una disminución de la FEVI, y consideran a esta variable como uno de los indicadores de más peso en la evaluación de los casos para este tipo de tratamiento²⁰. Para Elhendy *et al.*⁶, la disminución de la FEVI, dentro de las restantes variables ecocardiográficas, fue el único predictor independiente de éxito del procedimiento (*OR* 1,15; *p* = 0.04). Otros no han demostrado relación, y lo justifican con la ausencia en sus series de función ventricular gravemente deprimida (*FEVI* < 20 %) ^{5,13}.

El incremento del DTDVI expresará un mayor deterioro de la función sistólica del ventrículo izquierdo y justifica, en nuestra serie, que con su incremento disminuya el éxito de la CVE y se requiera una mayor energía útil para restablecer el ritmo sinusal. Ciertos trabajos comparten resultados similares^{20,21}; otros son dispares⁵ y lo fundamentan por la ausencia de pacientes con gran dilatación del ventrículo izquierdo.

La aurícula remodelada se dilata y eleva su presión, aumenta el diámetro transversal y longitudinal, y por consiguiente, su área y su volumen. Cuantificar estas variables mediante ecocardiografía es una herramienta útil para valorar la magnitud del remodelado atrial y evaluar la factibilidad de revertir a ritmo sinusal. Aunque, en potencia, los cambios son reversibles al restaurarse el ritmo sinusal, una vez establecidas alteraciones anatómicas importantes se ha llegado a un punto de no retorno, donde revertir a ritmo sinusal y sostenerlo es prácticamente una quimera^{18,22}.

La media del diámetro, área y presión de la aurícula izquierda en los pacientes con CVE fallida fue estadísticamente superior, significación que se pierde en el análisis multivariado. Entre estas variables y la media de la energía útil se estableció un coeficiente de correlación positivo. A medida que la aurícula izquierda se

dilata y aumenta su presión, se requiere más energía para lograr una CVE efectiva.

Similares resultados informan otros autores^{23,24}; sin embargo, estudios recientes muestran discrepancias y sugieren no diferir la CVE al basarse solo en la dilatación de la aurícula izquierda^{13,17}. Otros trabajos con similares conclusiones tienen como sesgo que en solo una pequeña proporción de la muestra existe un crecimiento marcado de la aurícula izquierda^{4,5,25}.

El diámetro, área y presión de la aurícula derecha no se relacionó con el éxito de la CVE. Solo un incremento en el área de la aurícula derecha se asoció significativamente a una mayor energía útil. Las propiedades moleculares, celulares y electrofisiológicas específicas de la aurícula izquierda, justifican su relación más determinante en la génesis de la FA, mientras que la aurícula derecha está más involucrada en el *flutter* atrial²⁶.

CONCLUSIONES

La CVE es un método efectivo para restaurar el ritmo sinusal en la FA. La insuficiencia cardíaca, la valvulopatía mitral, los episodios arrítmicos previos, la disfunción ventricular izquierda, el remodelado biauricular y la larga data de evolución de la FA, se relacionan con un menor éxito de la CVE y con una mayor energía útil. En estas condiciones es recomendable comenzar con niveles superiores de energía para disminuir el número de choques y la energía total acumulada. La FEVI es el único predictor independiente del éxito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Go AS, Hylek EM, Phillips KA, Selby JV, Henault LE, Chang Y, *et al.* Prevalence of diagnosed atrial fibrillation in adults: national implications for rhythm management and stroke prevention: the anticoagulation and risk factors in atrial fibrillation (ATRIA) study. *JAMA*. 2001;285(18):2370-5.
2. Kannell WB, Wolf PA, Benjamin EJ, Levy D. Prevalence, incidence, prognosis and predisposing conditions for atrial fibrillation: population-based estimates. *Am J Cardiol*. 1998;82(7 Suppl 1):2-9.
3. Le Heuzey JY, Pazioud O, Piot O, Said MA, Copie X, Lavergne T, *et al.* Cost of care distribution in atrial fibrillation patients: the COCAF study. *Am Heart J*. 2004;147(1):121-6.
4. Arnar DO, Danielsen R. Factors predicting maintenance of sinus rhythm after direct current cardioversion of atrial fibrillation and flutter: a reanalysis with recently acquired data. *Cardiology*. 1996;87(3):181-8.
5. Blich M, Edoute Y. Electrical cardioversion for persistent or chronic atrial fibrillation: Outcome and clinical factors predicting short and long term success rate. *Int J Cardiol*. 2006;107(3):389-94.
6. Elhendy A, Gentile F, Khandheria BK, Hammill SC, Gersh BJ, Bailey KR, *et al.* Predictors of unsuccessful electrical cardioversion in atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2002;89(1):83-6.
7. Cakulev I, Efimod IR, Waldo AL. Cardioversion: Past, present, and future. *Circulation*. 2009;120(16):1623-32.
8. Psaty BM, Manolio TA, Kuller LH, Kronmal RA, Cushman M, Fried LP, *et al.* Incidence of and risk factors for atrial fibrillation in older adults. *Circulation*. 1997;96(7):2455-61.
9. Fumagalli S, Boncinelli L, Bondi E, Caleri V, Gatto S, Di Bari M, *et al.* Does advanced age affect the immediate and long-term results of direct-current external cardioversion of atrial fibrillation? *J Am Geriatr Soc*. 2002;50(7):1192-7.
10. Berry C, Rae A, Taylor J, Brady AJ. Atrial fibrillation in the elderly. *Br J Cardiol*. 2003;10(5):373-8.
11. Wang TJ, Larson MG, Levy D, Vasan RS, Leip EP, Wolf PA, *et al.* Temporal relations of atrial fibrillation and congestive heart failure and their joint influence in mortality: The Framingham Heart Study. *Circulation*. 2003;107(23):2920-5.
12. Disertori M, Lombardi F, Barlera S, Latini R, Maggioni AP, Zeni P, *et al.* Clinical predictors of atrial fibrillation recurrence in the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico-Atrial Fibrillation (GISSI-AF) trial. *Am Heart J*. 2010;159(5):857-63.
13. Kuppahally SS, Foster E, Shoor S, Steimle AE. Short-term and long-term success of electrical cardioversion in atrial fibrillation in managed care system. *Int Arch Med [Internet]*. 2009[citado 9 Feb 2014];2:39. Disponible en: <http://www.intarchmed.com/content/pdf/1755-7682-2-39.pdf>
14. Bailey GW, Braniff BA, Hancock EW, Cohn KE. Relation of left atrial pathology to atrial fibrillation in mitral valvular disease. *Ann Intern Med*. 1968;69(1):13-20.
15. Allessie M, Ausma J, Schotten U. Electrical, contractile and structural remodeling during atrial fibrillation. *Cardiovasc Res*. 2002;54(2):230-46.

16. Roy D, Talajic M, Dorian P, Connolly S, Eisenberg MJ, Green M, *et al.* Amiodarone to prevent recurrence of atrial fibrillation. Canadian Trial of Atrial Fibrillation Investigators. *N Engl J Med.* 2000; 342(13):913-20.
17. Capucci A, Villani GQ, Aschieri D, Rosi A, Piepoli MF. Oral amiodarone increases the efficacy of direct-current cardioversion in restoration of sinus rhythm in patients with chronic atrial fibrillation. *Eur Heart J.* 2000;21(1):66-73.
18. Wijffels MC, Kirchhof CJ, Dorland R, Allessie MA. Atrial fibrillation begets atrial fibrillation. A study in awake chronically instrumented goats. *Circulation.* 1995;92(7):1954-68.
19. Crijns HJ, Tjeerdsma G, de Kam PJ, Boomsma F, van Gelder IC, van den Berg MP, *et al.* Prognostic value of the presence and development of atrial fibrillation in patients with advanced chronic heart failure. *Eur Heart J.* 2006;21(15):1238-45.
20. Dittrich HC, Erickson JS, Schneiderman T, Blacky AR, Savides T, Nicod PH. Echocardiographic and clinical predictors for outcome of elective cardioversion of atrial fibrillation. *Am J Cardiol.* 1989;63(3):193-7.
21. Frick M, Frykman V, Jensen-Urstad M, Ostergren J, Rosenqvist M. Factors predicting success rate and recurrence of atrial fibrillation after first electrical cardioversion in patients with persistent atrial fibrillation. *Clin Cardiol.* 2001;24(3):238-44.
22. Hobbs WJ, Fynn S, Todd DM, Wolfson P, Galloway M, Garratt CJ. Reversal of atrial electrical remodelling after cardioversion of persistent atrial fibrillation in humans. *Circulation.* 2000;101(10):1145-51.
23. Alt E, Ammer R, Lehmann G, Pütter K, Ayers GM, Pasquantonio J, *et al.* Patient characteristics and underlying heart disease as predictors of recurrent atrial fibrillation after internal and external cardioversion in patients treated with oral sotalol. *Am Heart J.* 1997;134(3):419-25.
24. Tebbe U, Carlsson J, Seidl K, Jansen W, Schuster HP, Elsner M, *et al.* Cardioversion in atrial fibrillation. Results and complications in 1.152 prospective patients. Study Group of the Working Society of Leading Cardiologic Hospital Physicians. *Med Klin (Munich).* 1995;90(12):681-7.
25. Roijer A, Meurling CJ, Eskilsson J, Olsson B. Left atrial appendage outflow velocity index is superior to conventional criteria for prediction of maintenance of sinus rhythm after cardioversion. An echocardiographic study in patients with atrial fibrillation of a few months' duration. *Scand Cardiovasc J.* 2001;35(2):119-24.
26. Jalife J. ¿Por qué es la aurícula izquierda tan importante en el mecanismo de la fibrilación auricular crónica? RIA [Internet]. 2009[citado 9 Feb 2014];1(1):3-26. Disponible en: http://www.ria-online.com/webapp/uploads/15_layouted_ria_riar001-v10_20091103.pdf

Predictors of success of electrical cardioversion for atrial fibrillation

Marleny Cruz Cardentey^a✉, MD; Taimara Pérez Rivera^b, MD; and Annerys Méndez Rosabal^a, MD

^a Department of Arrhythmia and Pacemaker. Hermanos Ameijeiras Clinical-Surgical Hospital. Havana, Cuba.

^b Department of Cardiology. Enrique Cabrera Clinical-Surgical Hospital. Havana, Cuba.

Este artículo también está disponible en español

ARTICLE INFORMATION

Received: April 15, 2014

Accepted: June 10, 2014

Competing interests

The authors declare no competing interests

Acronyms

AF: atrial fibrillation

ECV: electrical cardioversion

IST: interventricular septal thickness

LVEDD: left ventricular end-diastolic diameter

LVEF: left ventricular ejection fraction
interventricular septal thickness (IST)

On-Line Versions:

Spanish - English

✉ M Cruz Cardentey

Hospital Hermanos Ameijeiras

San Lázaro 701, e/ Belascoaín y

Marqués González. Centro Habana

CP 10300. La Habana, Cuba.

E-mail address:

marleny.cruz@infomed.sld.cu

ABSTRACT

Introduction: Electrical cardioversion is an effective therapeutic procedure to restore sinus rhythm in atrial fibrillation, and its success has been related to different variables.

Objective: To relate clinical, electrical and echocardiographic variables to the success of electrical cardioversion for atrial fibrillation and to the amount of energy used to restore sinus rhythm.

Method: A prospective longitudinal study was conducted in 82 patients with atrial fibrillation who were treated with elective electrical cardioversion.

Results: Electrical cardioversion was successful in 81.7% of patients. Heart failure ($p=0.000$), mitral valve disease ($p=0.001$), previous arrhythmic events ($p=0.005$), increased time to progression ($p=0.019$), increased left ventricular telediastolic diameter ($p=0.000$), and increased diameter, area and pressure of the left atrium ($p=0.000$, $p=0.008$, $p=0.000$, respectively), were associated with a decrease in the success of the shock. Left ventricular ejection fraction was the only independent predictor of success (OR 2.1; 95% CI, $p=0.048$). The use of a higher amount of energy was related to previous arrhythmic events ($p=0.000$), decreased left ventricular ejection fraction ($p=0.000$), older age ($p=0.037$), increased time to progression ($p=0.02$), increased left ventricular diameter ($p=0.000$), increased diameter, area and pressure of the left atrium ($p=0.000$, $p=0.000$ and $p=0.000$, respectively) and increased area of the right atrium ($p=0.016$).

Conclusions: The left ventricular ejection fraction is an independent predictor of the success of electrical cardioversion for atrial fibrillation. The presence of biatrial remodeling, left ventricular dysfunction, previous arrhythmic events and a long progression require higher amounts of energy to restore sinus rhythm.

Key words: Atrial fibrillation, Electrical cardioversion, Left ventricular dysfunction

Factores predictores de éxito de la cardioversión eléctrica en la fibrilación auricular

RESUMEN

Introducción: La cardioversión eléctrica es una terapéutica efectiva para restaurar el ritmo sinusal en la fibrilación auricular y su éxito se ha relacionado con diferentes variables.

Objetivo: Relacionar variables clínicas, eléctricas y ecocardiográficas con el éxito de la cardioversión eléctrica en la fibrilación auricular y con la energía útil empleada para restaurar el ritmo sinusal.

Método: Se realizó un estudio longitudinal y prospectivo en 82 pacientes con fibrilación auricular tratados con cardioversión eléctrica electiva.

Resultados: La cardioversión eléctrica fue exitosa en el 81,7 % de los pacientes. La insuficiencia cardíaca ($p=0.000$), la valvulopatía mitral ($p=0.001$), los episodios arrítmicos previos ($p=0.005$), el incremento del tiempo de evolución ($p=0.019$), del diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo ($p=0.000$), y del diámetro, el área y la presión de la aurícula izquierda ($p=0.000$, $p=0.008$, $p=0.000$, respectivamente), se asociaron con una disminución del éxito del choque. La fracción de eyección del ventrículo izquierdo es el único predictor independiente de éxito (OR 2,1; IC 95 %, $p=0.048$). Con una mayor energía útil se relacionaron los episodios previos ($p=0.000$), la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo ($p=0.000$), la mayor edad ($p=0.037$), los incrementos del tiempo de evolución ($p=0.02$), del diámetro ventricular izquierdo ($p=0.000$), del diámetro, el área y la presión de la aurícula izquierda ($p=0.000$, $p=0.000$ y $p=0.000$, respectivamente) y del área de la aurícula derecha ($p=0.016$).

Conclusiones: La fracción de eyección del ventrículo izquierdo es un predictor independiente del éxito de la cardioversión eléctrica en la fibrilación auricular. La presencia de remodelado biauricular, de disfunción ventricular izquierda, de episodios arrítmicos previos y de una larga evolución, requieren niveles superiores de energía para restaurar el ritmo sinusal.

Palabras clave: Fibrilación auricular, Cardioversión eléctrica, Disfunción ventricular izquierda

INTRODUCTION

Atrial fibrillation (AF) is the most common tachyarrhythmia, and is considered an independent predictor of mortality and ischemic cerebrovascular disease. Approximately 1% of the adult population suffers from it with ratios that vary from 0.1% in those under 55 and 9% in those over 80 years. Its true incidence is underestimated because of the high percentage that is asymptomatic and whose diagnosis is a finding^{1,2}. It accounts for 5% of total cardiovascular admissions and for the third part of admissions due to an arrhythmic cause, so it is now regarded as a macro-social problem³.

AF has a cumulative effect and the electrical, contractile and structural atrial remodeling self-perpetuates it. Each new episode increases the frequency and duration of the paroxysms, and decreases the effectiveness of antiarrhythmic drugs and electrical cardioversion (ECV).

The immediate success rate of ECV in AF ranges from 50-90%, according to the different series, and it has been associated with different variables such as age, body mass index, underlying heart disease, duration, previous episodes, use of antiarrhythmic drugs, atrial remodeling, ventricular function, and energy and

type of shock wave⁴⁻⁶. Despite being a safe procedure, serious proarrhythmic, thromboembolic and anesthetic complications have been reported⁷; for this reason, success probabilities of the procedure must be judiciously and individually assessed.

This research was conducted with the aim of relating clinical, electrical and echocardiographic variables to the success of ECV in AF and to the useful energy required to restore sinus rhythm.

METHOD

A descriptive, longitudinal and prospective study was conducted at the Cardiology office of Hermanos Ameijeiras Clinical-Surgical Hospital, from April 2008 to April 2010. The sample comprised 82 patients with AF who underwent elective ECV, so emergency ECV was excluded.

In a medical encounter previous to the elective ECV, an interview, physical examination, electrocardiogram and echocardiogram were conducted, in which clinical and echocardiographic variables of interest such as sex, age, color of skin, underlying heart disease, duration of AF episodes, use of antiarrhythmic drugs, ventricular response, left ventricular ejection fraction (LVEF), left ventricular end-diastolic diameter

(LVEDD), interventricular septal thickness (IST), and diameter, area and pressure of the right and left atria were obtained.

ECV was performed under anesthesia with propofol at doses of 1-2 mg/kg, the vanes in the standard position and with biphasic waveform type. The energy levels were increasing, with values between 100 and 360 Joules, with a maximum of 3 shocks.

Successful ECV was considered as the presence of post-procedure sinus rhythm and its permanence during the first 30 minutes. Useful energy was classified as the energy used in the successful shock.

LVEF was determined by the method of Teichholz, and in cases with ventricular asynergy the area-length method was used. LVEDD, IST and diameter of the left atrium were obtained in parasternal long axis. The diameter of the right atrium and the area of both atria were obtained in the four-chamber view. Atrial pressures were calculated by the formulas:

- Right atrium pressure = $E/E' \cdot 1.76 - 3.7$
- Left atrial pressure = $E/E' \cdot 1.24 + 1.91$

E wave velocity was obtained by pulsed Doppler in mitral and tricuspid flows, as appropriate. The E' wave velocity was acquired by tissue Doppler of the lateral annulus of the mitral and tricuspid valves, as appropriate.

Patients with AF of more than 48 hours or doubtful duration were anticoagulated with warfarin sodium, 3 weeks before and 4 weeks after the ECV (INR between 2.0 - 3.0); antiarrhythmic drugs were also used for a time longer than 3 months after the shock. In patients with AF of less than 48 hours duration only heparin sodium (50 mg) was used during the procedure, and the use of antiarrhythmic drugs was optional.

The Student t test for comparison of means was used to determine the association between quantitative variables and the success of ECV and the χ^2 test for qualitative variables. In the univariate analysis the most significant variables were taken and a multivariate analysis of logistic regression was made. ANOVA procedure was used to compare the means of the useful energy with the qualitative variables and the Pearson correlation coefficient to determine the association between useful energy and quantitative variables. A p less than 0.05 was considered significant.

RESULTS

ECV was successful in 81.7% of patients (67/82). The

existence of a previous arrhythmic episode was associated with a decrease in ECV success ($p = 0.005$); unlike sex, skin color, use of antiarrhythmic drugs and ventricular response which did not have any influence (Table 1).

The presence of heart failure and mitral valve disease was significantly associated ($p = 0.000$ and $p = 0.001$, respectively) with a lower success of shock;

Table 1. Distribution of patients, according to clinical variables and ECV success.

Variables	ECV				p
	Success (67/82)		No success (15/82)		
	Nº	%	Nº	%	
<u>Sex</u>					
Male	48	82,8	10	17,2	0.7
Female	19	79,2	5	20,8	
<u>Skin color</u>					
White	33	80,5	8	19,5	0.95
Black	9	81,8	2	18,2	
Mixed-race	25	83,3	5	16,7	
<u>Previous event</u>					
Yes	31	70,5	13	29,5	0.005
No	36	94,7	2	5,3	
<u>AD use</u>					
Yes	5	16,7	25	83,3	0.89
No	1	14,3	6	85,7	
<u>Ventricular response</u>					
High	9	20,0	36	80,0	0.076
Low	15	21,4	55	78,6	
Normal	0	0	12	100	
<u>Associated diseases</u>					
IHD	22	32,8	5	33,3	0.970
HF	2	3,0	6	40,0	0.000
HBP	33	49,3	5	33,3	0.391
MVD	8	12,0	8	53,3	0.001
DM	14	21,0	3	20,0	0.938
<u>Age (mean)</u>	55,28		61,33		0.078

Caption. IHD: Ischemic heart disease, DM: diabetes mellitus, AD: Antiarrhythmic drugs, HBP: high blood pressure, HF: heart failure, MVD: mitral valve disease.

however, a history of ischemic heart disease, hypertension or diabetes mellitus had no influence. The mean age of patients with successful ECV was lower, but without significant differences, although with a trend ($p=0.078$).

Table 2 shows that as duration of arrhythmia increases, ECV success decreases ($p = 0.019$).

Table 2. Distribution of patients, according to progression time and ECV success (n=82).

Progression Time	ECV				Total	
	Success Nº	%	No success Nº	%	Nº	%
< 48 h	6	7,32	0	0	6	7,32
48 h – 1 m	16	19,51	3	3,66	19	23,17
2 m – 6 m	28	34,15	3	3,66	31	37,8
7 m – 12 m	17	20,73	7	8,54	24	29,27
> 12m	0	0	2	2,44	2	2,44
Total	67	81,71	15	18,29	82	100

Caption. h: hour, m: month
 $p = 0.019$

Table 3. Relation among echocardiographic variables and ECV success.

Variables (means)	ECV		p
	Success	No success	
RA diameter (mm)	30,94	35,33	0.116
RA area (cm ²)	12,59	15,53	0.058
RA pressure (mmHg)	5,29	6,73	0.141
LA diameter (mm)	35,88	42,66	0.000
LA area (cm ²)	17,91	22,67	0.008
LA pressure (mmHg)	8,28	12,60	0.000
LVEF (%)	61,03	48,47	0.000
LVEDD (mm)	45,87	54,87	0.000
IST (mm)	11,49	11,47	0.986

Caption. RA: right atrium, LA: left atrium

The mean of diameter, area and pressure of both atria was higher in patients with failed ECV (**Table 3**); but only at the level of the left atrium these measurements showed statistical significance ($p = 0.000$, $p = 0.008$ and $p = 0.000$, respectively). Mean LVEF was sta-

tistically higher in individuals with successful ECV ($p = 0.000$), whereas LVEDD was statistically higher in those without success ($p = 0.000$). IST showed no differences between both subgroups.

Considering that the sample was limited due to the number of variables under study, those with more significance in the univariate analysis were taken and a logistic regression model was applied, which showed that LVEF was the only independent predictor of ECV success ($p = 0.048$). For every 1% of LVEF increase, the probability of restoring sinus rhythm increased by 2.1 (**Table 4**).

Table 4. Variables associated to ECV success. Multivariate analysis.

Variables	Coefficient B	p
Age	0,003	0.929
LA area	-0,053	0.665
LA pressure	-0,294	0.113
LVEF	2,10	0.048
LVEDD	-0,027	0.824
Previous events	-2,2395	0.139
Progression time 48 h - 1 m and 2 m - 6 m	- 14,941	0.921

Caption. LA: left atrium, h: hours, m: months

The mean of useful energy for achieving a successful ECV was significantly higher in patients with a history of a previous arrhythmic episode ($p = 0.000$); while skin color, sex, antiarrhythmic drugs and ventricular response showed no influence (**Table 5**). As the duration of arrhythmia increases the mean of useful energy for successful ECV also increases ($p = 0.02$). Between age and useful energy for effective ECV a positive correlation coefficient with statistical significance ($p = 0.037$) is established; which shows that the older a patient is, the more energy is needed to restore sinus rhythm.

The area of the right atrium ($p = 0.016$) as well as the diameter ($p = 0.000$), the area ($p = 0.000$) and left atrial pressure ($p = 0.000$), and LVEDD ($p = 0.000$), establish a positive correlation coefficient with the useful energy (**Table 6**); conversely, a negative coefficient of correlation with LVEF is established, so that the

lower the LVEF, the more energy is required ($p = 0.000$). The diameter and the pressure of the right atrium and IST did not correlate with the variable under analysis.

Table 5. Correlation of the mean values of useful energy with clinical variables.

Variables	ECV		p
	Median	SD	
<u>Sex</u>			
Female	197,91	58,00	0.436
Male	199,13	51,71	
<u>Skin color</u>			
White	203,65	52,90	0.719
Black	200,00	54,77	
Mixed-race	191,66	54,27	
<u>Previous events</u>			
Yes	222,72	53,32	0.000
No	171,05	37,90	
<u>AD use</u>			
Yes	179,16	25,746	0.349
No	202,14	56,102	
<u>Ventricular response</u>			
High	195,00	53,093	0.569
Low	200,00	50,000	
Normal	201,11	54,864	
<u>Progression Time</u>			
< 48 h	175	27,05	0.02
48 h – 1 m	189,47	54,20	
2 m – 6 m	193,54	42,3	
7 m – 12 m	210,41	62,5	
> 12m	300	0	
<u>Age</u>	Correlation Coefficient: 0.231		0.037

Caption. SD: standard deviation, AD: Antiarrhythmic drugs, h: hours, m: months

DISCUSSION

Anatomical and functional changes in the atrial myocardium during aging, coupled with greater comor-

bidity in the elderly, justify the high incidence, prevalence and recurrence of AF in that subpopulation, as well as the less effectiveness of therapies used to restore sinus rhythm⁸.

Table 6. Correlation of the mean values of useful energy with echocardiographic variables.

Variables	Useful energy	
	Correlation Coefficient	p
RA diameter	0,210	0.059
RA area	0,266	0.016
RA pressure	0,216	0.050
LA diameter	0,50	0.000
LA area	0,0394	0.000
LA pressure	0,532	0.000
LVEF	- 0,581	0.000
LVEDD	0,487	0.000
IST	0,232	0.36

Caption. RA: right atrium, LA: left atrium

In our study the mean age of patients with unsuccessful ECV was higher and with a trend to statistical significance; it was also shown that with increasing age the useful energy to restore the rhythm increases. In the literature reviewed, a cutoff age of 65 years is associated with decreased ECV success, although the significance is lost when applying a logistic regression model⁹. Other authors set the limit at 75 years¹⁰.

Atrial remodeling in heart failure favors the origin and perpetuation of AF. The prevalence of AF in patients with functional class I is 4%, and rises to 50% in patients in functional class IV¹¹. In our research the history of heart failure was associated with a decrease in the success of ECV, a result consistent with other authors¹².

Mitral valve disease produces anatomical and electrophysiological changes in the left atrium that favor reentry and abnormal automaticity with fibrillatory conduction; therefore they are the justification for a lesser success of ECV in this subgroup. The latest research assessing the influence of mitral valve disease in ECV success are different^{5,13,14} and these differences are justifiable by the disparity among the samples and by the lack of assessment regarding the severity of the

valve disease.

AF has a cumulative effect and perpetuates itself. An atrium is more vulnerable to fibrillation if it has had a previous episode. In turn, the future episode will be more durable, more difficult to treat with cardioversion techniques, and more vulnerable to recurrence and chronicity. A vicious circle is established: AF triggers AF¹⁵. In our series, a history of a previous episode of AF was associated with a lower success of CVE and with a more useful energy to restore sinus rhythm, which is consistent with other authors^{12,13}.

Antiarrhythmic drugs modify the electrophysiological properties of myocardial cells and annihilate the mechanisms for the genesis of AF. Its use prior to ECV (especially in arrhythmias with more than 48 hours of progression, with remodeled atria and prior arrhythmic events), increases the shock effectiveness in the short and long terms. Several studies have identified the use of antiarrhythmic drugs as an independent predictor of successful ECV^{16,17}. The lack of significance in our study could be related to the small sample volume and the non-uniformity in the type of drug, dose and time of use prior to the shock.

The electrical remodeling is established after 48 hours of AF onset, then after the arrhythmia has perpetuated, the contractile and structural remodeling is successively established. Therefore, the longer the duration of AF, the greater the electrical and histological disorder which favors its perpetuation and the reversion techniques become less effective^{15,18}. Several studies have associated long-standing AF with less success in ECV^{4,6,9}. Kuppahally *et al.*¹³ found that a short duration of AF (within 3 days), is a determining factor in the success of the procedure (OR: 1.361, $p = 0.003$). In our research, with increasing duration of arrhythmia the success of CVE decreases and the mean of the useful energy required to restore sinus rhythm increases.

According to results of the Framingham study, the incidence of heart failure among subjects with AF was 33 per 1000 person-years, and the incidence of AF among those suffering from heart failure was 54 per 1000 person-years. Individuals with AF or heart failure who secondarily develop the other disease have a worse prognosis, with increased mortality¹¹. A vicious circle is established between the two conditions¹⁹. For this reason, LVEF is a useful tool to assess the potential risk of arrhythmia and the feasibility to revert it to sinus rhythm.

In our research, the mean LVEF was statistically higher in individuals with successful ECV and was the only independent predictor of procedural success. For every 1% of LVEF increase the probability of restoring sinus rhythm increased by 2.1. Similarly, the decrease in LVEF was associated with an increase of the useful energy for the procedure to be considered successful.

Many authors relate the short and long term ECV failure with a decrease in LVEF, and consider this variable as one of the most relevant indicators in the assessment of cases for this type of treatment²⁰. For Elhendy *et al.*⁶, the decrease in LVEF, within the remaining echocardiographic variables, was the only independent predictor of procedural success (OR 1.15, $p = 0.04$). Others have shown no relationship, and justify it with the absence, in their series, of severely depressed ventricular function (LVEF <20%)^{5,13}.

The increase in LVEDD will express a further deterioration of left ventricular systolic function and it explains, in our series, that with its increase the success of ECV decreases and that a higher useful energy will be required to restore sinus rhythm. Certain research share similar results^{20,21}; others are different⁵ and they explain it by the absence of patients with large left ventricular dilatation.

The remodeled atrial expands and its pressure increases, the lateral and longitudinal diameter increases, and consequently its area and volume. Quantifying these variables by echocardiography is a useful tool to assess the extent of atrial remodeling and the feasibility of reverting to sinus rhythm. Although changes are potentially reversible after restoration of sinus rhythm, once important anatomical alterations have been established, a point of no return has been reached, where restoring the sinus rhythm and keeping it is practically a chimera^{18,22}.

The mean diameter, area and left atrial pressure in patients with failed ECV was statistically higher, a significance that is lost in multivariate analysis. Among these variables and the mean of useful energy a positive correlation coefficient was established. As the left atrium dilates and increases its pressure, more energy is required to achieve an effective ECV.

Other authors^{23,24} report similar results; however, recent studies show discrepancies and suggest not to defer ECV by relying only on left atrial dilatation^{13,17}. Other studies with similar findings have as bias that only in a small proportion of the sample there is a marked growth of the left atrium^{4,5,25}.

The diameter, area, and right atrial pressure were not related to the success of ECV. Only an increase in the area of the right atrium was significantly associated with a higher useful energy. The specific molecular, cellular and electrophysiological properties of the left atrium explain its more crucial relationship in the genesis of AF, while the right atrium is more involved in the atrial flutter²⁶.

CONCLUSIONS

ECV is an effective method to restore sinus rhythm in AF. Heart failure, mitral valve disease, previous arrhythmic events, left ventricular dysfunction, biatrial remodeling and longstanding progression of AF is associated with a less successful ECV and higher useful energy. In these conditions it is advisable to start with higher energy levels to decrease the number of shocks and the total energy stored. LVEF was the only independent predictor of success.

REFERENCES

1. Go AS, Hylek EM, Phillips KA, Selby JV, Henault LE, Chang Y, *et al.* Prevalence of diagnosed atrial fibrillation in adults: national implications for rhythm management and stroke prevention: the anticoagulation and risk factors in atrial fibrillation (ATRIA) study. *JAMA*. 2001;285(18):2370-5.
2. Kannell WB, Wolf PA, Benjamin EJ, Levy D. Prevalence, incidence, prognosis and predisposing conditions for atrial fibrillation: population-based estimates. *Am J Cardiol*. 1998;82(7 Suppl 1):2-9.
3. Le Heuzey JY, Pazioud O, Piot O, Said MA, Copie X, Lavergne T, *et al.* Cost of care distribution in atrial fibrillation patients: the COCAF study. *Am Heart J*. 2004;147(1):121-6.
4. Arnar DO, Danielsen R. Factors predicting maintenance of sinus rhythm after direct current cardioversion of atrial fibrillation and flutter: a reanalysis with recently acquired data. *Cardiology*. 1996;87(3):181-8.
5. Blich M, Edoute Y. Electrical cardioversion for persistent or chronic atrial fibrillation: Outcome and clinical factors predicting short and long term success rate. *Int J Cardiol*. 2006;107(3):389-94.
6. Elhendy A, Gentile F, Khandheria BK, Hammill SC, Gersh BJ, Bailey KR, *et al.* Predictors of unsuccessful electrical cardioversion in atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2002;89(1):83-6.
7. Cakulev I, Efimod IR, Waldo AL. Cardioversion: Past, present, and future. *Circulation*. 2009;120(16):1623-32.
8. Psaty BM, Manolio TA, Kuller LH, Kronmal RA, Cushman M, Fried LP, *et al.* Incidence of and risk factors for atrial fibrillation in older adults. *Circulation*. 1997;96(7):2455-61.
9. Fumagalli S, Boncinelli L, Bondi E, Caleri V, Gatto S, Di Bari M, *et al.* Does advanced age affect the immediate and long-term results of direct-current external cardioversion of atrial fibrillation? *J Am Geriatr Soc*. 2002;50(7):1192-7.
10. Berry C, Rae A, Taylor J, Brady AJ. Atrial fibrillation in the elderly. *Br J Cardiol*. 2003;10(5):373-8.
11. Wang TJ, Larson MG, Levy D, Vasan RS, Leip EP, Wolf PA, *et al.* Temporal relations of atrial fibrillation and congestive heart failure and their joint influence in mortality: The Framingham Heart Study. *Circulation*. 2003;107(23):2920-5.
12. Disertori M, Lombardi F, Barlera S, Latini R, Maggioni AP, Zeni P, *et al.* Clinical predictors of atrial fibrillation recurrence in the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico-Atrial Fibrillation (GISSI-AF) trial. *Am Heart J*. 2010;159(5):857-63.
13. Kuppahally SS, Foster E, Shoor S, Steimle AE. Short-term and long-term success of electrical cardioversion in atrial fibrillation in managed care system. *Int Arch Med [Internet]*. 2009[citado 9 Feb 2014]; 2:39. Disponible en: <http://www.intarchmed.com/content/pdf/1755-7682-2-39.pdf>
14. Bailey GW, Braniff BA, Hancock EW, Cohn KE. Relation of left atrial pathology to atrial fibrillation in mitral valvular disease. *Ann Intern Med*. 1968; 69(1):13-20.
15. Alessie M, Ausma J, Schotten U. Electrical, contractile and structural remodeling during atrial fibrillation. *Cardiovasc Res*. 2002;54(2):230-46.
16. Roy D, Talajic M, Dorian P, Connolly S, Eisenberg MJ, Green M, *et al.* Amiodarone to prevent recurrence of atrial fibrillation. Canadian Trial of Atrial Fibrillation Investigators. *N Engl J Med*. 2000; 342(13):913-20.
17. Capucci A, Villani GQ, Aschieri D, Rosi A, Piepoli MF. Oral amiodarone increases the efficacy of direct-current cardioversion in restoration of sinus rhythm in patients with chronic atrial fibrillation. *Eur Heart J*. 2000;21(1):66-73.
18. Wijffels MC, Kirchhof CJ, Dorland R, Alessie MA.

- Atrial fibrillation begets atrial fibrillation. A study in awake chronically instrumented goats. *Circulation*. 1995;92(7):1954-68.
19. Crijns HJ, Tjeerdsma G, de Kam PJ, Boomsma F, van Gelder IC, van den Berg MP, *et al*. Prognostic value of the presence and development of atrial fibrillation in patients with advanced chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2006;21(15):1238-45.
 20. Dittrich HC, Erickson JS, Schneiderman T, Blacky AR, Savides T, Nicod PH. Echocardiographic and clinical predictors for outcome of elective cardioversion of atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 1989;63(3):193-7.
 21. Frick M, Frykman V, Jensen-Urstad M, Ostergren J, Rosenqvist M. Factors predicting success rate and recurrence of atrial fibrillation after first electrical cardioversion in patients with persistent atrial fibrillation. *Clin Cardiol*. 2001;24(3):238-44.
 22. Hobbs WJ, Fynn S, Todd DM, Wolfson P, Galloway M, Garratt CJ. Reversal of atrial electrical remodelling after cardioversion of persistent atrial fibrillation in humans. *Circulation*. 2000;101(10):1145-51.
 23. Alt E, Ammer R, Lehmann G, Pütter K, Ayers GM, Pasquantonio J, *et al*. Patient characteristics and underlying heart disease as predictors of recurrent atrial fibrillation after internal and external cardioversion in patients treated with oral sotalol. *Am Heart J*. 1997;134(3):419-25.
 24. Tebbe U, Carlsson J, Seidl K, Jansen W, Schuster HP, Elsner M, *et al*. Cardioversion in atrial fibrillation. Results and complications in 1.152 prospective patients. Study Group of the Working Society of Leading Cardiologic Hospital Physicians. *Med Klin (Munich)*. 1995;90(12):681-7.
 25. Roijer A, Meurling CJ, Eskilsson J, Olsson B. Left atrial appendage outflow velocity index is superior to conventional criteria for prediction of maintenance of sinus rhythm after cardioversion. An echocardiographic study in patients with atrial fibrillation of a few months' duration. *Scand Cardiovasc J*. 2001;35(2):119-24.
 26. Jalife J. ¿Por qué es la aurícula izquierda tan importante en el mecanismo de la fibrilación auricular crónica? RIA [Internet]. 2009[citado 9 Feb 2014];1(1):3-26. Disponible en: http://www.ria-online.com/webapp/uploads/15_layouted_ria_riar001-v10_20091103.pdf