

Abstract

This paper summarizes the results obtained of an analysis of the quality of the energy loading and unloading times of the defibrillators, taking as sample three hospitals from the metropolitan area. It has determined that not all defibrillators undergo maintenance nor quality control, and those that do, do not get the exact loading time. Moreover, it was found that not all the equipment being used fulfills the standards, becoming a risk to use them under these conditions. This paper also shows a deficiency in the maintenance supervision of this type of technology, which is vital for the treatment of critical patients.

keywords: desfibrillador

Resumen

En este artículo se mencionan los resultados obtenidos al realizar el análisis de calidad de los tiempos de carga y descarga de energía de los desfibriladores, tomando una muestra de tres instituciones hospitalarias del área metropolitana. Se ha determinado que no todos los desfibriladores reciben mantenimiento ni control de calidad y los que los reciben, no se les da la atención sobre la exactitud del tiempo de carga. Además se detectó que no todos los equipos que están en uso, cumplen los estándares, los cuales se vuelven riesgosos al utilizarlos bajo esas condiciones. La investigación, también revela la deficiencia en la supervisión del mantenimiento de este tipo de tecnología, la cual es vital en el tratamiento de pacientes críticos.

Palabras clave: desfibrilador

Ernesto Godofredo Girón*

Calidad de los tiempos de carga y descarga de energía de los desfibriladores

1. Introducción

En los países desarrollados, la muerte súbita cardíaca continúa siendo un problema sanitario importante y ello ha conducido a que en países como Francia, Suecia, Escocia, y otros, se hayan realizado una diversidad de estudios sobre esa patología, tanto en animales como en humanos, los cuales han demostrado que la desfibrilación precoz incrementa la supervivencia.

Sin embargo, las condiciones de laboratorio generalmente no se aplican a la realidad, especialmente en determinadas comunidades, donde la respuesta de los servicios sanitarios tiene limitaciones, sobre todo en los grandes centros urbanos y con mayor fuerza en zonas rurales. Los estudios que han realizado los países mencionados anteriormente han estado dirigidos a medir el tiempo de respuesta ante una emergencia y la efectividad en el uso del desfibrilador; pero no han realizado ninguna investigación sobre la calidad de los tiempos de carga y descarga de energía de los desfibriladores, ya trabajando en un medio real (de un país subdesarrollado y las consecuencias clínicas que ello tiene), y su influencia en el proceso de atención de los pacientes, que necesitan esta tecnología para el proceso de terapia en caso de la patología cardíaca presentada.

Este trabajo de investigación ha tenido por objeto determinar la calidad del tiempo de carga y descarga de los desfibriladores, de tal modo de compararlos con los tiempos máximos que toman la aplicación de los protocolos en caso de muerte súbita. También se ha pretendido analizar ciertos aspectos tecnológicos de los equipos, los cuales se relacionan con los tiempos a considerar, cuando se aplican estos dispositivos durante el procedimiento protocolario, de tal modo de enlazarlos con el aspecto humano (aplicación clínica de los procedimientos), ya que estos aparatos resultan de vital importancia, si ellos se pueden utilizar en el momento oportuno, siempre y cuando funcionen adecuadamente, ya que los minutos son de primer orden cuando se da la asistencia al paciente con problemas cardíacos.

La hipótesis básica que se busca verificar, es que la calidad de los tiempos que tardan los desfibriladores en cargarse de energía, para luego entregarla, tiene un gran impacto sobre la recuperación de pacientes con la patologías cardíacas tratadas con esta tecnología. Se busca establecer la relación entre los tiempos de carga y descarga de la energía y los tiempos máximos y que son seguros en la aplicación de los protocolos de urgencia para recuperar pacientes con disfunciones cardíacas.

Ya que el objeto de la investigación, está relacionada de alguna manera con la aplicación de los protocolos de acción, en caso de muerte súbita cardíaca, se vuelve fundamental mencionarlos, como parte contextual, a efectos de definir cada una de las actividades implicadas en la aplicación de ellos.

Además se ha hecho un resumen de la sumatoria de los tiempos que toma la ejecución de cada una de las actividades al desarrollar procedimientos de urgencias con los pacientes, ya sean extra o intra hospitalarios. Estos tiempos sirven de base para la comparación, que se ha realizado con los tiempos reales que toman los equipos comprendidos en el estudio.

Se muestran también los resultados y conclusiones respecto a la investigación, la cual se llevó a cabo en tres instituciones hospitalarias, dos de la red de Salud Pública y una de la Seguridad Social.

2. Generalidades

Con la globalización, el consumismo y las consecuencias que estos traen y de las cuales El Salvador no ha estado apartado, se puede mencionar que ya se dan con alguna frecuencia, una cierta clase de enfermedades, las cuales antes eran solo de exclusividad de países del primer mundo, como son las coronarias, dentro de las cuales se puede mencionar la angina de pecho, insuficiencia cardíaca, arritmia, muerte súbita etc (MSPAS 2006). Estas son independientes de las enfermedades cardíacas congénitas o que son desencadenadas por la disfunción de otros órganos y que en las instalaciones hospitalarias son tratadas en las unidades de cuidados críticos.

Por fortuna, los adelantos en el desarrollo tecnológico y farmacológico, aunados a la mejor preparación clínica y científica del recurso humano propiciado a partir de las últimas décadas, han provocado, sin lugar a dudas, un extraordinario avance en el diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares. Por ejemplo en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social, se han creado unidades especializadas para atender pacientes con este tipo de patologías. Lo mismo ha ocurrido en el Hospital de Niños "Benjamin

Bloom”, en el Hospital Militar y otras instituciones de salud del sistema privado. Ello ha significado un avance realmente significativo y revolucionario en el diagnóstico y tratamiento de la patología coronaria, en el medio hospitalario salvadoreño.

En el Salvador, no se tienen índices específicos sobre la mortalidad por este tipo de enfermedades, pero de acuerdo a las estadísticas del Ministerio de Salud (MSPAS 2006) del 2002 y considerando las diez primeras causas de muerte hospitalarias totales y generales, es decir que incluyen ambos sexos y todas las edades, se tiene en el 7º lugar las enfermedades isquémicas del corazón, la cual incluye infarto agudo del miocardio, enfermedad isquemica crónica del corazón y angina inestable, las cuales alcanzan un total de 289 casos, lo que equivale a un 3.94 % de la mortalidad global reportada por esta institución.

Sin embargo, en otros países, la mortalidad por esta patología sigue siendo realmente elevada. En EE.UU. es la causa de muerte de 930,000 personas anualmente, lo que representa el 43% de la mortalidad global, con el agravante de que un alto porcentaje lo constituyen personas menores de 65 años (Federación Argentina de Cardiología 2006).

Dentro de las emergencias médicas relacionadas con las enfermedades coronarias, la denominada muerte súbita o paro cardíaco sigue siendo la emergencia médica más importante, la cual representa la primera causa de muerte en los Estados Unidos de Norte América, causando casi 300,000 muertes al año. La Muerte Cardíaca Súbita es un desorden catastrófico, en el que el corazón abruptamente y sin aviso alguno deja de funcionar. Es un evento aterrador porque en cuestión de minutos mata a personas aparentemente sanas y sin problemas cardíacos conocidos (Federación Argentina de Cardiología 2006, REMI 2006).

En El Salvador las estadísticas reflejan índices muy bajos, pero ellos no reflejan los casos reales, ya que las instituciones dedicadas a brindar cuidados de salud, no reportan todos los casos, o no tienen control sobre todos los que suceden, ya sean estos intra o extra hospitalarios. Además no existen unidades especializadas en el país que puedan dar este soporte, por lo que en caso de los extra hospitalarios, no se llega a reconocer o dar cuenta de la ocurrencia de esta patología.

La causa más común de Muerte Cardíaca Súbita, es un desorden del ritmo cardíaco (arritmia) llamado fibrilación ventricular (FV). La fibrilación ventricular es un "problema eléctrico" del corazón en el que súbitamente las señales eléctricas que regulan el bombeo

de los ventrículos del corazón, se vuelven rápidas y caóticas. Las contracciones rítmicas paran, y el corazón no puede bombear sangre al resto del cuerpo. El cerebro no recibe sangre, y en segundos se pierde el conocimiento. Sin ayuda de emergencia, la fibrilación ventricular causa la muerte en minutos (Zipes 1997).

3. Acciones a tomar para salvar vidas

La mejor manera de salvar la vida de personas que sufren de muerte cardiaca súbita es darles un choque eléctrico, en los primeros minutos, a efectos de retomar el ritmo normal del corazón. Este tratamiento se llama desfibrilación o cardioversión, y se administra a través de un desfibrilador externo (o un interno implantable), el cual a través de paletas aplicadas al pecho del paciente proporciona un choque eléctrico de alta energía.

Actualmente existen desfibriladores externos automáticos y portátiles (Fundación Interamericana del Corazón 1988, American Heart Association 1980, Fundación Interamericana del Corazón 1997).

Debido a ello, en los últimos años se ha profundizado en el conocimiento de este tipo de desorden fisiopatológico y en las medidas terapéuticas tendientes a lograr la disminución en forma sensible la muerte súbita. Dentro de estas medidas, se toman en cuenta protocolos netamente clínicos y otros que obligadamente necesitan tecnologías para el proceso de recuperación de un paciente. En este contexto, el desfibrilador es de vital importancia.

El tratamiento de esa urgencia médica consta de 4 pasos o eslabones que constituyen la llamada "Cadena de Supervivencia" (Figura 1): i) Activación precoz del sistema de urgencias, ii) atención precoz mediante la aplicación del "Soporte Vital Básico", iii) atención especializada, desfibrilación precoz y estabilización y iv) traslado adecuado de los servicios de cuidados avanzados (Soporte Vital Avanzado) (Federación Argentina de Cardiología 2006, Fundación Interamericana del Corazón 1988, Sociedad Castellana de Cardiología 2006).

Los tiempos máximos para garantizar posibilidades aceptables de supervivencia son muy variables, en función de la etiología y de la situación previa del paciente. No obstante, se admiten unos máximos de 4 minutos desde que se produce el paro hasta el inicio de la RCP (Resucitación Cardio Pulmonar) básica y de 8 a 10 minutos para iniciar la RCP avanzada, aunque cuanto más precoz y correcta sea la RCP básica, más posibilidades de éxito tendrá la RCP avanzada (Federación Argentina de Cardiología 2006, American Heart Association 1980, Fajuri et al. 1998).

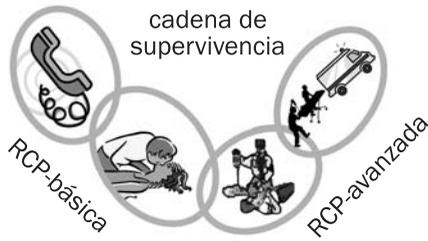


Figura 1. Eslabones que representan la Cadena de la Supervivencia

Si se tiene en cuenta que, en caso de un paro cardiorrespiratorio, lo más importante para la supervivencia del individuo es la aplicación de un adecuado "Soporte Vital Básico" antes de que transcurran 4 minutos, se comprenderá la importancia que tiene el hecho que la persona que se encuentre más próxima sea la que lo inicie. Es importante recordar que si la persona no recibe ayuda como la especificada, durante ese intervalo de tiempo, las posibilidades de recuperar a la persona se reducen hasta en un 80 % (Fajuri et al 1998).

4. Cadena de la supervivencia intrahospitalaria

El concepto de "cadena de la supervivencia" fue creado a principio de la década del 90 para ejemplificar la importancia de una serie de maniobras (eslabones) que deberían realizarse en forma coordinada y sucesiva (cadena) con el fin de mejorar la sobrevivencia del paro cardiorrespiratorio (Fundación Interamericana del Corazón 1988).

Algunos autores sugieren reorganizar la cadena de supervivencia adaptándola al ámbito hospitalario, dado que el paciente ya se encuentra en un "sistema de emergencias" en el cual los profesionales están entrenados en cuidados cardíacos de emergencias y existe el equipamiento adecuado. La cadena de la supervivencia intra hospitalaria debería respetar los siguientes eslabones: reconocimiento precoz de un RCP en un paciente en el cual es adecuado iniciarlo; desfibrilación precoz (precediendo a la RCP básica); RCP básica si hay demoras en conseguir un desfibrilador, si los intentos de desfibrilación no resultaron exitosos o si la misma no estaba indicada; y finalmente, la implementación de cuidados avanzados de soporte de vida (ACLS).

Tomando de referencia la Figura 1, se tomará como el Soporte Vital Básico los elementos que configuran los dos primeros eslabones de la cadena, que se pueden realizar sin necesidad de tecnología e instrumentación como lo es el desfibrilador y que persigue la solicitud de ayuda especializada, la identificación del problema, el mantenimiento o restablecimiento de la ventilación pulmonar y de la circulación sanguínea (Reanimación Cardiopulmonar Básica (RCP-B)). Este procedimiento fue hecho propio hace algunos años por la AHA (American Heart Association), para explicar los distintos elementos que integran la sistematización de la Atención Cardiovascular de Urgencia, que consideran como el mejor enfoque para enfrentar el tratamiento de la muerte súbita cardiovascular.

Se vuelve importante, entonces, describir cada uno de los protocolos involucrados en el proceso de atención clínica, ya que en cada uno de ellos se considera vital respetar los tiempos clínicos, lo cual redundaría en la eficiencia del mismo tiempo con respecto a la disponibilidad de la energía que entrega el desfibrilador.

En nuestro país no existen protocolos propios para tratar los problemas cardíacos, definidos en la muerte súbita. Ese desconocimiento existente en la mayoría de las instituciones de salud, ocasiona más riesgos para los pacientes que son llevadas a esos servicios. Lo peor es que las instituciones no incluyen en sus programas de capacitación todos los protocolos para resucitación cardiopulmonar.

4.1 Acceso Rápido al Sistema de Emergencia

El acceso precoz representa el tiempo desde el comienzo de los síntomas y la llegada del servicio de urgencia médica. Asociado a ello está la necesidad de que los servicios de emergencia estén diagramados de manera tal que puedan llegar a cualquier lugar en el menor tiempo posible. Por supuesto, esto depende de las características geográficas de la zona.

4.2 Resucitación Cardiopulmonar Básica (RCP Básica)

Es tanto más eficaz cuanto más pronto se inicie. La restauración del ritmo en forma rápida ofrece una mejor oportunidad de lograr el éxito final. En casi todos los estudios realizados, la RCP básica realizada por testigos ha demostrado tener un efecto positivo en la supervivencia. Es el mejor tratamiento que puede recibir un paciente con paro cardiorrespiratorio hasta la llegada de un desfibrilador y la Atención Vital Cardiopulmonar Avanzada (AVCA) (Fundación Interamericana del Corazón 1997). Por supuesto, aunque la RCP realizada por testigos es de un valor incuestionable, es sólo temporal y pierde su utilidad si no se siguen con rapidez los siguientes eslabones (desfibrilación y AVCA precoces).

4.3 RCP Avanzada

La RCP Avanzada comprende el análisis de la situación por personal entrenado en las técnicas de RCP y el tratamiento definitivo del PCR: la desfibrilación (DF), las técnicas clínicas con equipo de apoyo, la utilización de drogas y la monitorización continua del ECG.

5. Protocolos para resucitación cardio-pulmonar

Los paros cardíacos pueden ser ocasionados por cuatro patrones electrocardiográficos (Figura 3) :

- Taquicardia ventricular sin pulso (TVSP)
- Fibrilación ventricular (FV)
- Asistolia (AS) y
- Disociación Electromecánica (DEM)

Las dos primeras tienen el mismo tratamiento, además de que la TVSP degenera rápida y espontáneamente a fibrilación ventricular, aún bajo la observación clínica. Por tanto los protocolos de aplicación para recuperar a un paciente de la condición de paro, quedan resumidos en tres algoritmos de procedimientos:

- Fibrilación Ventricular / TVSP
- Asistolia
- Disociación electromecánica

Desde el punto de vista práctico, el protocolo más importante es el de FV, ya que es el patrón que se produce con más frecuencia y que tiene mayores posibilidades de tratamiento con éxito. Este será el protocolo al cual se le dará el análisis detallado, considerando que es en este caso donde se utiliza el desfibrilador objeto del análisis de la presente investigación. A continuación se explican las actividades que comprende cada uno de los protocolos.

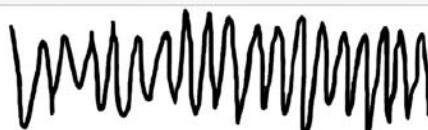
Ritmos Cardiacos en RCP		
Asistolia		Ausencia de actividad eléctrica
Fibrilación Ventricular Lenta		Actividad eléctrica muy escasa y desorganizada
Fibrilación Ventricular Rápida		Abundante actividad eléctrica, persistiendo la desorganización
Taquicardia Ventricular sin pulso central		Complejos de morfología aberrante

Tabla 1. Muestra los patrones electrocardiográficos que ocasionan los paros cardíacos

5.1 Fibrilación Ventricular /Taquicardia Ventricular sin Pulso

La FV es el ritmo ECG inicial más frecuente en pacientes que presentan PCR, el cual sigue a una enfermedad coronaria (85% de los estudios con Holter de muertes súbitas). La FV degenera en AS, de forma que después de 5 minutos de evolución sin tratamiento, sólo en menos de un 50% de las víctimas se comprueba su presencia (Lilly 1998). Es de vital importancia poder realizar una desfibrilación precoz, ya que se han comprobado supervivencias inmediatas de hasta un 89% cuando la FV es presenciada y la desfibrilación (DF) es instantánea, descendiendo esta supervivencia en aproximadamente un 5% por cada minuto perdido antes de realizar la DF (Lilly 1998, Sociedad Castellana de Cardiología 2006, Universidad de Monterrey 2006).

Una vez objetivada la presencia de FV / TVSP, la primera medida a realizar es la puño-percusión precordial (PPP). Esta maniobra, si se realiza dentro de los primeros 30 segundos de PCR, puede restaurar un ritmo eficaz en aproximadamente un 40% de los casos de TVSP y en un 2% de las FV, descendiendo rápidamente su eficacia si se aplica más tardíamente (13). La aplicación de la PPP consume escaso tiempo y su mecanismo de acción es el de una desfibrilación eléctrica de 0,04 a 1,5 J, gracias a la conversión de la energía mecánica en energía eléctrica. La PPP puede acelerar una taquicardia ventricular o precipitar una FV, pero esto es irrelevante en pacientes que ya se encuentran en PCR.

Seguidamente, si la maniobra anterior no fue eficaz, se procede a la DF. Para ello se coloca un electrodo por debajo de la mitad externa de la clavícula derecha y el otro en el apex cardiaco (V4-V5 del ECG). Para asegurar un contacto eficaz se ha de ejercer una presión firme con ambos electrodos. La pasta conductora (o compresas humedecidas con suero salino) debe ser previamente aplicada para evitar quemaduras y optimizar la transmisión eléctrica entre los electrodos del desfibrilador y el tórax. Se deben retirar los parches de nitroglicerina para evitar su explosión.

Rápidamente se aplicará una serie de tres descargas sucesivas de 200 J, 200 J y 360 J, comprobando entre los choques la persistencia de la FV, bien a través del monitor o por la ausencia de pulso, según se utilice un desfibrilador semiautomático o uno convencional. Si las tres descargas se realizan en unos 30-45 segundos no se

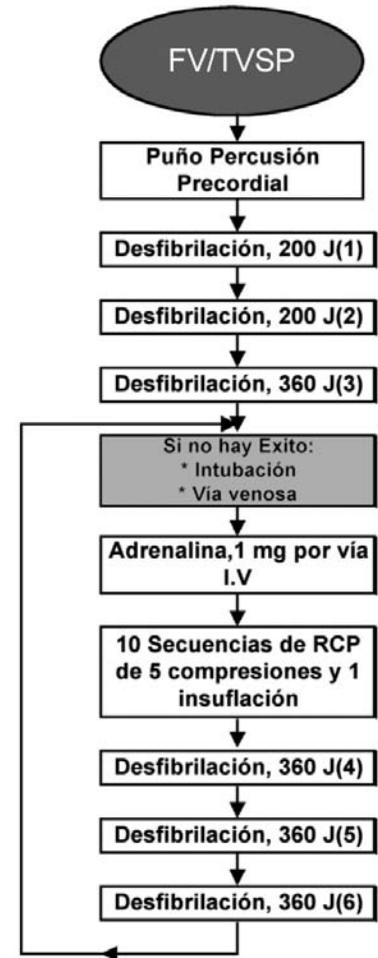


Figura 3. Protocolo para Fibrilación Ventricular y Taquicardia Ventricular sin Pulso.

realizará entre las mismas masaje cardíaco. Si el tiempo es más prolongado se efectuarán tres secuencias de 5 compresiones y una ventilación (TagNet 2006, Federación Argentina de Cardiología 2006). El hecho de utilizar el segundo choque con la misma energía que el primero se debe a que éste reduce la impedancia transtorácica, lo que aumenta la proporción de energía que alcanza con eficacia el miocardio.

Si el paciente no recupera un ritmo eficaz con estas tres desfibrilaciones, es poco probable que se consiga un resultado satisfactorio; no obstante debe continuarse con los intentos de resucitación. Se debe utilizar un tiempo máximo de unos 15 a 30 segundos para realizar el aislamiento de la vía aérea (intubación endotraqueal si es posible) y canalizar una vía venosa (la vía antecubital es la más indicada). Si en este tiempo no se ha conseguido, se debe continuar la secuencia de actuaciones, intentándolo de nuevo tras un bucle completo. Inmediatamente después se aportará 1 mg. de Adrenalina IV (Intra venosa) al tiempo que se realizarán 10 secuencias de compresión /ventilación a ritmo 5/1 (con la concentración de O₂ más elevada posible). Si en este momento no se dispusiera de vía venosa, puede aportarse la Adrenalina por vía endotraqueal a una dosis de 2 a 3 veces mayor que la que se había aportado por vía IV. y disuelta en 10 cc. de suero salino. A continuación se aplicarán de nuevo otros tres choques eléctricos, en esta ocasión, todos de 360 J. Entre la primera serie de DF y esta segunda no han de transcurrir más de 2 minutos (Universidad de Monterrey 2006, TagNet 2006, Fundación Interamericana del Corazón 1988).

Si la FV persiste debe iniciarse de nuevo el ciclo, intubando la tráquea y canalizando la vía venosa, si no ha sido realizado en el bucle anterior. Se aporta nuevamente 1 mg de Adrenalina IV al tiempo que se realizan 10 secuencias de 5 compresiones y una ventilación y volviendo a efectuar hasta tres desfibrilaciones sucesivas de 360 J. Si a pesar de ello no se consiguiera revertir, se repetirán todos los pasos contemplados en un nuevo ciclo. Con ello la Adrenalina se aportará cada 2 minutos, lo cual no es excesivo dado las altas concentraciones de Adrenalina existentes durante el paro cardíaco.

Después de tres ciclos del algoritmo (12 DF en total) puede estar justificada la administración de bicarbonato sódico, antiarrítmicos y adrenalina a altas dosis. Su uso no es obligado, quedando a juicio del médico responsable de la RCP su indicación (Zipes et al 1995).

En FV refractarias, debería considerarse el cambiar de desfibrilador, así como valorar la posibilidad de cambiar los electrodos a una posición ántero posterior. No se debe suspender la RCP mientras la FV persista. El número posible de DF es indefinido, aunque cuanto mayor sea el número de éstas, más efectos deletéreos se pueden producir en la estructura celular y función miocárdica.

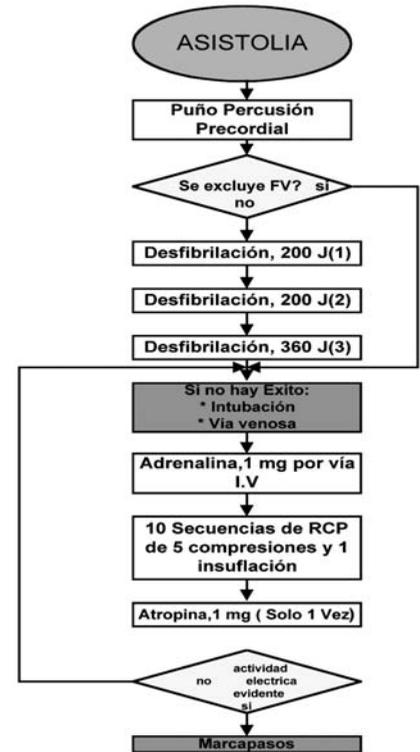
La DF puede realizarse con desfibriladores manuales o con desfibriladores automáticos o semiautomáticos (Ruskin 1988).

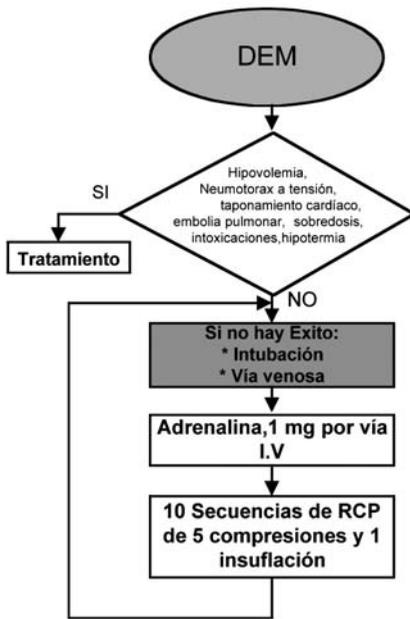
Es importante mencionar que la desfibrilación rápida, es quizás el eslabón más importante, ya que realizada en forma correcta y muy precoz, influye en forma directa en el resultado final del proceso de salvamento. Es el eslabón de la cadena con probabilidades reales de mejorar los resultados. Estando todos los eslabones cumplidos correctamente, la desfibrilación rápida es el factor aislado de mayor importancia para determinar la supervivencia.

En el momento actual, se cuenta con equipos desfibriladores externos automáticos que analizan el ritmo y desfibrilan. Tienen como característica su fácil manejo, ya que realiza el diagnóstico de FV y automáticamente hace la descarga o indica a su manipulador el realizarla. Ello ha llevado a que la AHA y la Fundación Interamericana del Corazón promocien la utilización de estos equipos en forma masiva. Si el ritmo del paciente ha cambiado a AS, se procederá a aplicar el algoritmo que se explica a continuación.

5.2 Asistolia (AS)

La AS constituye el ritmo primario o responsable de la aparición de una situación de PCR en el 25% de las acontecidas en el ambiente hospitalario y en el 5% de las extra hospitalarias (Zipes et all 1995, Fajuri et all 1998). No obstante, se encuentra con más frecuencia al ser la evolución natural de las FV no tratadas. Su respuesta al tratamiento es mucho peor que la de la FV, cuando es causada por enfermedad cardiaca, presentando una supervivencia menor de un 5%. Las tasas de supervivencias pueden ser mejores cuando se presenta asociada a hipotermia, ahogamiento, intoxicación medicamentosa, bloqueo A-V completo por afectación trifascicular, bradicardia extrema, o cuando se trata de un fenómeno transitorio tras la DF de una FV.





Una asistolia puede confundirse con una FV, ya que las ondas de la fibrilación pueden pasar desapercibidas por fallos en el equipo, artefactos, mala regulación de la amplitud etc. (Carr 1998). Este hecho justifica el tomar algunas medidas dirigidas al diagnóstico y tratamiento de una posible FV enmascarada, más aun cuando estas medidas son simples, eficaces y consumen sólo unos pocos segundos. Por ello, el algoritmo se inicia con la Puño percusión precordial y la inmediata confirmación del diagnóstico de AS, verificando el equipo y comprobando su correcto funcionamiento. Si a pesar de todo, no se puede descartar rotundamente la presencia de FV se realizará inmediatamente tratamiento eléctrico (DF primero con 200 J, si no recupera ritmo, nuevo choque con 200 J, seguido de un tercero con 360 J, si no se logra respuesta). Es importante recordar en estos casos de AS no confirmada (FV de grano fino), que la DF debe realizarse mediante desfibrilador manual, ya que el automático puede no reconocer el ritmo eléctrico como FV y por tanto no descargar el choque eléctrico.

Si el PCR persiste, se trata de una AS y se descarta la presencia de FV, se procede rápidamente al aislamiento de la vía aérea mediante intubación endotraqueal, y canalización de vía venosa periférica. Al mismo tiempo se administra 1 mg de Adrenalina IV, o en su defecto a través del tubo endotraqueal, repitiéndola si es preciso a intervalos de 2 a 3 minutos.

Después de estas actuaciones, puede ocurrir que se evidencie una escasa actividad eléctrica en cuyo caso ha de considerarse la colocación de Marcapasos (MP) Transcutáneo o Endovenoso. El MP sólo será considerado si existe alguna actividad eléctrica (ondas P y/o complejos QRS ocasionales), eligiendo uno u otro en función de la disponibilidad de material en ese momento. Si se decide su aplicación está debe realizarse precozmente. Es de hacer énfasis que en el caso de la asistolia claramente definida y establecida el tratamiento a dicha patología debe ser únicamente por medicamento, pero nunca a través del uso del desfibrilador, ya que al final el resultado para la recuperación del paciente puede ser exclusivamente la estimulación eléctrica a través de la selección del marcapaso adecuado y definido por criterio clínico.

5.3 Disociación Electromecánica (DEM)

Se define como la presencia de actividad eléctrica cardíaca organizada, sin traducirse en actividad mecánica (ausencia de pulso arterial central) < 60 mmHg. En ausencia de flujo en las coronarias las ondas coordinadas en el ECG sólo pueden existir de forma transitoria. La presencia de DEM provoca una situación de muy mal pronóstico (supervivencia inferior al 5% cuando está causada por enfermedad coronaria) (Zipes et all 1995), excepto en aquellos casos en que se trata de un fenómeno transitorio

tras la DF o es secundaria a una causa rápidamente corregible. Por ello desde un primer momento es sumamente importante diagnosticar y tratar sus posibles causas, como hipovolemia, hipoxia, neumotórax a tensión, taponamiento cardiaco, alteraciones electrolíticas y del equilibrio ácido-base, intoxicación por fármacos, hipotermia, infarto agudo de miocardio y embolismo pulmonar masivo. Obsérvese que en el caso de la DEM, no se utiliza el desfibrilador.

6. Duración de ejecución de protocolos

Tomando como base las actividades desarrolladas en los protocolos mencionados anteriormente, se muestra a continuación un resumen de los tiempos que podría tomar la aplicación de los procedimientos (en el caso que se presente una patología), en los que sea necesario la aplicación del desfibrilador en cualquiera de sus diseños. Las actividades que se mencionan, no necesariamente se pueden hacer en el orden indicado, lo que se vuelve de interés es el tiempo que ellas consumen.

Es importante considerar que después de la aplicación de tres protocolos (556 segundos, 9.27 minutos), queda a criterio médico la aplicación de más protocolos, pero debe observarse, que ya en la aplicación de los primeros tres protocolos se está al borde de los 10 minutos máximos que se definen como seguros para revertir una patología de desfibrilación ventricular.

Actividad	Tiempo de actividad (máximo) en segundos	Tiempo acumulado en segundos
Valoración de pulso y respiración	10	10
Pedir ayuda	5	15
Soporte vital básico (Respiración y pulso)	150	165 (El tiempo de esta etapa no debe sobrepasar los 180 segundos)
Puño percusión precordial	30	195
Preparación y aplicación de primera desfibrilación a 200 joules	14	209
Preparación y aplicación de segunda desfibrilación a 200 joules	14	223
Preparación y aplicación de tercera desfibrilación a 360 joules	17	240
Aislamiento vía aérea y canalización vía venosa	30	270
Aplicación de adrenalina	2	277
10 secuencias de RCP	60	337
Aplicación de otras tres descargas a 360 joules	45	382
Aplicación de un segundo ciclo desde intubación hasta choques de energía	87	469
Aplicación de un tercer ciclo desde intubación hasta choques de energía	87	556

7. Criterios de diseño de desfibriladores

Para determinar la calidad de los tiempos de carga y descarga de los desfibriladores, es necesario considerar algunas características técnicas de los desfibriladores, como también algunos criterios de diseño utilizados por los fabricantes de los equipos (Carr 1998, AAMI 1998), ya que ellos son los parámetros que se han utilizado para la comparación de los equipos que han sido objeto de la investigación. Para las características técnicas se tomará en cuenta la información de equipos reales que se encuentran en el ambiente hospitalario salvadoreño, mientras que para los criterios de diseño de los equipos se mencionarán los definidos por la Asociación Americana para el Avance de la Instrumentación Médica (Association for the advancement of Medical Instrumentation AAMI) (AAMI 1998) y que sean aplicables a esta investigación.

Esta Asociación define que el desfibrilador cardiaco es un aparato electrónico, utilizado para terminar la fibrilación ventricular, por la aplicación de un breve electrochoque dirigido al corazón a través de la utilización de electrodos. Dentro de la definición de los estándares, para este tipo de dispositivos están establecidos los requisitos mínimos de seguridad y funcionamiento dentro de los cuales se pueden mencionar los que están relacionados con este estudio.

Los estándares tomados de referencia son establecidos en las condiciones de operación colocando una carga de 50Ω a la salida de los dispositivos.

1. La máxima energía seleccionable y que puede entregar el desfibrilador debe estar en el rango de 250 a 360 joules.
2. Para los desfibriladores no sincronizados, la selección debe incluir al menos 10 joules o menos (pero no 0), el valor máximo y 6 valores intermedios.
3. Para los desfibriladores sincronizados, la selección debe incluir un valor mínimo de 5 joules o menos (pero no cero), el valor máximo y seis valores intermedios.
4. La exactitud de la energía del pulso entregado debe estar dentro de 4 joules o $\pm 15\%$ del valor seleccionado y descargado en una resistencia de 50 Ω y si la resistencia cambia entre 25 y 100 Ω , la variación del pulso puede estar en 5 J o $\pm 40\%$.
5. El área mínima de contactos de los electrodos debe ser:
 - 50 cm^2 para adultos y uso transtorácico para adulto y uso interno.
 - 15 para uso pediátrico y uso transtorácico
 - para pediatras y uso interno.

6. La longitud mínima de los cables debe ser de 2 metros.
7. El desfibrilador debe tener la capacidad de hacer 15 descargas de energía en menos de 5 minutos.
8. La duración del impulso de energía debe estar en el rango de 2.5 a 5 milisegundos.
9. Los tiempos de carga de energía, variarán en función del nivel seleccionable, pero se debe considerar de 2 segundos para un promedio de 40 joules y de 9 segundos máximo para 360 joules.
10. Los tiempos de carga de energía promedio se deben mantener debajo de los 10 segundos.

8. Resultados

La muestra comprende 18 desfibriladores, de los cuales 9 (50%) pertenecen al Hospital de Especialidades, 4 (22.22%) al Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom, 4 (22.22%) al Hospital Nacional Zacamil y 1 (5.55) a la Universidad Don Bosco. Todas las mediciones fueron realizadas con el analizador de energía de desfibrilador marca Biotek modelo QED, serie 113334. Los resultados y análisis de las mediciones realizadas se muestran a continuación:

8.1 Respecto a las marcas en general, se obtuvieron los siguientes datos

1. El 100 % de los equipos bajo prueba, se encuentran en uso.
2. El 100 % se encuentra bajo control del mantenimiento local.
3. El 27 % son de la marca Burdick
4. El 5.55 son de la marca Siemens.
5. El 11.1% son de la marca Physio control
6. El 5.55% son de la marca Zoll.
7. El 16.66 % son de la marca Odam
8. El 27.77 son de marca Hewlett Pacard
9. El 5.55 son de marca Hillmed.

8.2 Respecto a los rangos de niveles de energía, los resultados son los siguientes:

1. El 88.88 % de los equipos cumple con el estándar.
2. El 11.11 %, no cumple con el estándar.
3. El máximo número de niveles de energía fue de 18 joules y lo tienen el 5.55 % de los equipos.
4. El mínimo número de niveles de energía (permitidos por el estándar) fue de 9 joules y lo tienen el 22.22% de los equipos.

8.3 Respecto a la utilización en la forma de Desfibrilador y Cardioversion los resultados son los siguientes:

1. El 5.55 % sólo funciona en forma manual, no sincronizada.
2. El 94.44 % tiene la opción de cardioversion.

8.4 Respecto a los niveles mínimos y máximos de energía en los Desfibriladores no sincronizados , los resultados son los siguientes:

1. El 100 % cumple con el estándar del nivel mínimo de selección de energía permitida
2. El 100 % cumple con el estándar del nivel máximo de energía seleccionada (360 joules).

8.5 Respecto a los niveles mínimos y máximos de energía en Cardioversion (Sincronizados), los resultados son los siguientes:

1. El 50% cumple con el estándar ideal del nivel mínimo de selección de energía (5 joules).
2. El 44.44 % no cumple con el estándar ideal de rigor del nivel mínimo de selección de energía,(menos de cinco, pero no 0 joules).
3. El 44.44 % Cumple con el estándar disminuido de nivel mínimo de selección de energía (menos de 5 joules).
4. El 5.55 % no cumple para nada con el estándar del nivel mínimo de selección de energía (o joules).
5. El 100 % cumple con el estándar del máximo nivel de energía seleccionable (360 joules).

8.6 Respecto a la exactitud de la energía entregada, los resultados son los siguientes:

1. El 33.33 % cumple con el estándar completo de variación de energía máxima entregada (considerando 5 joules o $\pm 15\%$), al seleccionar el valor máximo.
2. El 66.66 % no cumple con el estándar completo de variación de energía máxima entregada (considerando 5 joules o $\pm 15\%$), al seleccionar el valor máximo.
3. El 100 % cumple con el estándar de variación de energía máxima entregada (considerando sólo el criterio de $\pm 15\%$) al seleccionar el valor máximo.
4. El 100 % no cumple con el estándar completo de variación de energía mínima entregada (considerando 5 joules o $\pm 15\%$), al seleccionar el valor mínimo.
5. El 100 % cumple con el estándar completo de variación de energía mínima entregada (considerando 5 joules de variación) al seleccionar el valor mínimo.
6. El 88.88 % cumple con el estándar de variación de energía mínima entregada (considerando solo el criterio de $\pm 15\%$) al seleccionar el valor mínimo.

8.7 Respecto a la duración de los tiempos de carga de energía, los resultados son los siguientes:

1. El 94.44 % cumple con el estándar del tiempo mínimo de carga (2 segundos).
2. El 5.55 % no cumple con el estándar del tiempo mínimo de carga.
3. El 72.2 % cumple con el estándar de tiempo máximo de carga (9 segundos).
4. El 16.6 % no cumple con el estándar de tiempo máximo de carga.
5. El 83.3 % cumple con el estándar del tiempo promedio de carga.
6. El 17.6 % no cumple con el estándar de tiempo promedio de carga.

8.8 Considerando algunos aspectos específicos de las marcas de los equipos bajo estudio, se mencionan los siguientes resultados:

Marca Burdick

1. Se encontró en tres instituciones hospitalarias diferentes.
2. El 100 % se encuentra bajo condiciones de uso.
3. El 100% cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
4. El 100% cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
5. El 100 % cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
6. El 20 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada. (Se encuentra bajo mantenimiento externo).
7. El 100 % cumple con el estándar de tiempo mínimo de carga.
8. El 100 % cumple con el estándar de tiempo máximo de carga.
9. El 60 % recibe mantenimiento local.
10. El 40 % recibe mantenimiento externo.
11. El 100 % tiene 4 años de uso.

Marca Hewlet Pacard

1. El 100 % de ellos se encontró sólo en una institución hospitalaria.
2. El 100 % se encuentra bajo condiciones de uso.
3. El 100% cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
4. El 100% no cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
5. El 100 % cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
6. El 40 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada.
7. El 100 % cumple con el estándar de tiempo mínimo de carga.
8. El 100 % cumple con el estándar de tiempo máximo de carga.
9. El 100 % recibe mantenimiento local.
10. El 40 % tiene 4 años de uso.
11. El 20% tiene 6 años de uso.
12. En el 40% de los equipos no se puede especificar el tiempo de uso.

Marca Hilmed

1. Se encontró sólo en una institución hospitalaria.
2. El 100 % se encuentra bajo condiciones de uso.
3. El 100% cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
4. El 100% cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
5. El 100 % cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
6. El 100 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada.
7. El 100 % no cumple con el estándar de tiempo mínimo de carga.
8. El 100 % no cumple con el estándar de tiempo máximo de carga
9. El 100 % recibe mantenimiento externo.
10. El 100 % tiene 7 años de uso.

Marca Odam

1. Se encontró en dos instituciones hospitalarias diferentes.
2. El 100 % se encuentra bajo condiciones de uso.
3. El 66.66 % cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
4. El 33.33 % no cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
5. El 66.66 % cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
6. El 33.33 % no cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
7. El 66.66 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
8. El 33.33 % cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
9. El 66.66 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada. (Se encuentra bajo mantenimiento local).
10. El 33 % cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada. (Se encuentra bajo mantenimiento externo).
11. El 100 % cumple con el estándar de tiempo mínimo de carga.
12. El 100 % cumple con el estándar de tiempo máximo de carga.
13. El 66.66 % recibe mantenimiento local.
14. El 33.33 % recibe mantenimiento externo.
15. El 66.66 % tiene 15 años de uso.
16. El 33.33 % Tiene 6 años de uso.

Marca Physio Control

1. Se encontró en una institución hospitalaria y en una institución educativa de nivel superior.
2. El 100 % se encuentra bajo condiciones de uso.
3. El 100% no cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
4. El 50% cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.

5. El 50% no cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
6. El 100 % cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
7. El 100 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada.
8. El 100 % cumple con el estándar de tiempo mínimo de carga.
9. El 100 % cumple con el estándar de tiempo máximo de carga.
10. El 50 % recibe mantenimiento local.
11. El 50 % no recibe ningún tipo de mantenimiento.
12. El 100 % tiene 6 años de uso.

Marca Siemens

1. Se encontró en una institución hospitalaria.
2. El 100 % se encuentra bajo condiciones de uso.
3. El 100% cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
4. El 100% no cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
5. El 100 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
6. El 100 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada. (Se encuentra bajo mantenimiento local).
7. El 100 % cumple con el estándar de tiempo mínimo de carga.
8. El 100 % no cumple con el estándar de tiempo máximo de carga.
9. El 100 % recibe mantenimiento local.
10. El 100 % tiene 8 años de uso.

Marca Zoll

1. Se encontró en una institución hospitalaria.
2. El 100 % se encuentra bajo condiciones de uso.
3. El 100% cumple con el estándar de rangos de selección de energía.
4. El 100% no cumple con el estándar ideal de nivel mínimo de selección energía permitida.
5. El 100 % cumple con el estándar de exactitud de la energía mínima entregada.
6. El 100 % no cumple con el estándar de exactitud de la energía máxima entregada. (Se encuentra bajo mantenimiento local).
7. El 100 % no cumple con el estándar de tiempo mínimo de carga.
8. El 100 % cumple con el estándar de tiempo máximo de carga.
9. El 100 % recibe mantenimiento local.
10. El 100 % tiene 7 años de uso

9. Conclusiones

1. De los estándares analizados, el más importante (a criterio del autor), es el de exactitud de tiempo y de nivel de la máxima energía entregada, ya que de acuerdo a los protocolos, estas son las energías más utilizables en los procesos de atención de pacientes y los que más pueden afectar el tiempo total en la aplicación de los protocolos.

2. Ninguna de las marcas analizadas cumple el 100 % de todos los estándares, lo que induciría a pensar, que siendo estricto en el criterio de aplicación de los protocolos en cualquier paciente, no se recomendaría utilizarlos, mientras no se les realice un control de calidad.

3. En función de cumplimiento de la mayoría de parámetros, el más confiable sería el de la Marca Burdick.

4. En función de cumplimiento de la mayoría de parámetros, el menos confiable sería el de la Marca Zoll.

5. De acuerdo a los resultados, la marca Hilmed no sería confiable en la aplicación de los protocolos, ya que su tiempo máximo de carga de energía sobrepasa el estándar en 5 segundos, lo que significaría que sólo en el corrimiento de un protocolo, tomaría 15 segundos de más, lo cual resulta muy significativo en el proceso de terapia. Las marcas Burdick, Odam, Physio Control y Siemens resultaron con tiempos confiables.

6. La exactitud de la energía entregada es importante en la suma del tiempo total de aplicación de los protocolos, ya que si un equipo es inexacto tanto en los niveles mínimos o máximos, no se logrará el objetivo de la terapia al aplicarla a un paciente, lo que pueda significar aplicar más protocolos de los necesarios, implicando un aumento del tiempo seguro.

7. En función de la exactitud de los niveles de energía, el equipo que resulta más confiable de aplicar en todos los protocolos es el de la Marca Hewlett Pacard y el menos confiable es el de la Marca Siemens.

8. No se puede ser concluyente, con respecto al tipo de mantenimiento dado, ya sea localmente o en forma externa, en el sentido de que afecte positivamente o negativamente los tiempos de carga de los equipos, ya que tanto los que cumplen como los que no cumplen este criterio, se encuentran bajo opciones de mantenimiento.

9. Dado los resultados de los tiempos de carga de energía se puede concluir, que la mayoría de los departamento de mantenimiento no tienen control sobre los resultados de las mediciones realizadas en la realización de las rutinas y mucho menos se corrigen las deficiencias, lo cual se vuelve completamente negativo en la aplicación de los protocolos.

10. Dado que ningún equipo cumple con todos los estándares, se recomienda implementar un plan de control de calidad de este tipo de tecnología en cada una de las instituciones bajo estudio, ya que en un momento clínico crítico dado, lo que ha sido diseñado para salvar vidas, se convierte en un instrumento que atenta contra la seguridad de los pacientes.

11. Las marcas Physio Control, Siemens y Zoll, no son confiables en función de la exactitud de tiempo máximo de carga.

12. Para el corrimiento de los protocolos de resucitación se debe tener en cuenta que el máximo tiempo a emplear en todas las actividades no debe sobrepasar los 10 minutos, si se quiere tener éxito en el proceso de tratamiento de pacientes con problemas cardíacos.

13. La exactitud de los tiempos de carga de energía de los desfibriladores es de vital importancia, si se quiere mantener la aplicación de los protocolos dentro del tiempo máximo de aplicación.

10. Bibliografía

AAMI (1998) *Essential Standards for Biomedical Equipment Safety and Performance*. Association for the advancement of Medical Instrumentation.

American Heart Association (1980) *Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC)*.

Carr, Joseph J. (1998) *Biomedical Equipment: Use, Maintenance, and Management*.

Fajuri A, González R, Bartolucci J, Asenjo R. (1998) "Manejo de Arritmias Cardíacas: Recomendaciones del Comité de Educación Continua de la Sociedad Chilena de Cardiología y Cirugía Cardiovascular". *Revista Chilena de Cardiología*.

Fajuri A. (2000) *Evaluación Clínica del Paciente con Arritmia y Clasificación de las Arritmias. Enfermedades del Corazón y de los Vasos*. Ed. Mediterráneo. III edición.

Fajuri, A., González, R. Rosselot, E. (1998) *Transtornos del Ritmo Cardíaco. Enfermedades del Corazón*.

Federación Argentina de Cardiología (2006) en www.fac.org.ar
Fundación Interamericana del Corazón y American Heart Association (1988) *Apoyo Vital Básico para Profesionales de la Salud*.

Fundación Interamericana del Corazón y American Heart Association (1997) *Reanimación Cardiopulmonar Avanzada*. Ed.

Lilly L. (1998) *Pathophysiology of Heart Disease*. Lippincott Williams & Wilkins
MSPAS 2006 (2006) en www.mspas2006.gob.sv
REMI (2006) en <http://remi.uninet.edu>
Ruskin, J. N. (1988) *Automatic external defibrillators and sudden cardiac death*.
Sociedad Castellana de Cardiología (2006) en www.castellanacardio.es
TagNet (2006) en www.tagnet.org
Universidad de Monterrey (2006) en www.udem.edu.mx
Weikowitz, Walter. *Biomedical Instruments: Theory and Design*
www.deb.free.uniconp
Zipes, D. P. (1997) *Specific Arrhythmias. Diagnosis and Treatment in Heart Disease*. Braunwald 5th Edition. W. B. Saunders Company.
Zipes, D.P., DiMarco, J.P., Gillette, P.C., et al. (1995): *AHA / ACC guidelines for clinical intracardiac electrophysiologic procedures*.