



## Tecnologia Bifásica Retilínea

### Formas de Onda Bifásica Retilínea

A promessa das formas de onda bifásicas são de melhoria da eficiência com energia mais baixa. Mas nem todas as formas de onda bifásicas são criadas iguais.

Enquanto algumas formas de onda bifásicas podem oferecer performance equivalente à onda monofásica com menos energia, a forma de Onda **Bifásica Retilínea™** é a única forma de onda bifásica que demonstrou resultados clínicos superiores se comparada às formas de onda monofásicas em todas as aplicações clínicas:

- \*Cardioversão de fibrilação atrial
- \*Desfibrilação de fibrilação ventricular em pacientes de alta impedância
- \*Desfibrilação da fibrilação ventricular em paradas cardíacas pré-hospitalares em um ambiente de SCAV (Suporte Cardíaco Avançado de Vida)

### O que faz da Onda Bifásica Retilínea Diferente?

A comunidade científica e os fabricantes de desfibriladores todos concordam – **a corrente é que desfibrila o coração.**

"O requisito essencial para uma desfibrilação elétrica ventricular é a obtenção de uma densidade suficiente de corrente" Tacker WA

À 200 J, a Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL entrega mais corrente para pacientes de alta impedância do que qualquer outra forma de onda bifásica – mesmo aquelas que tem níveis de energia mais altos.

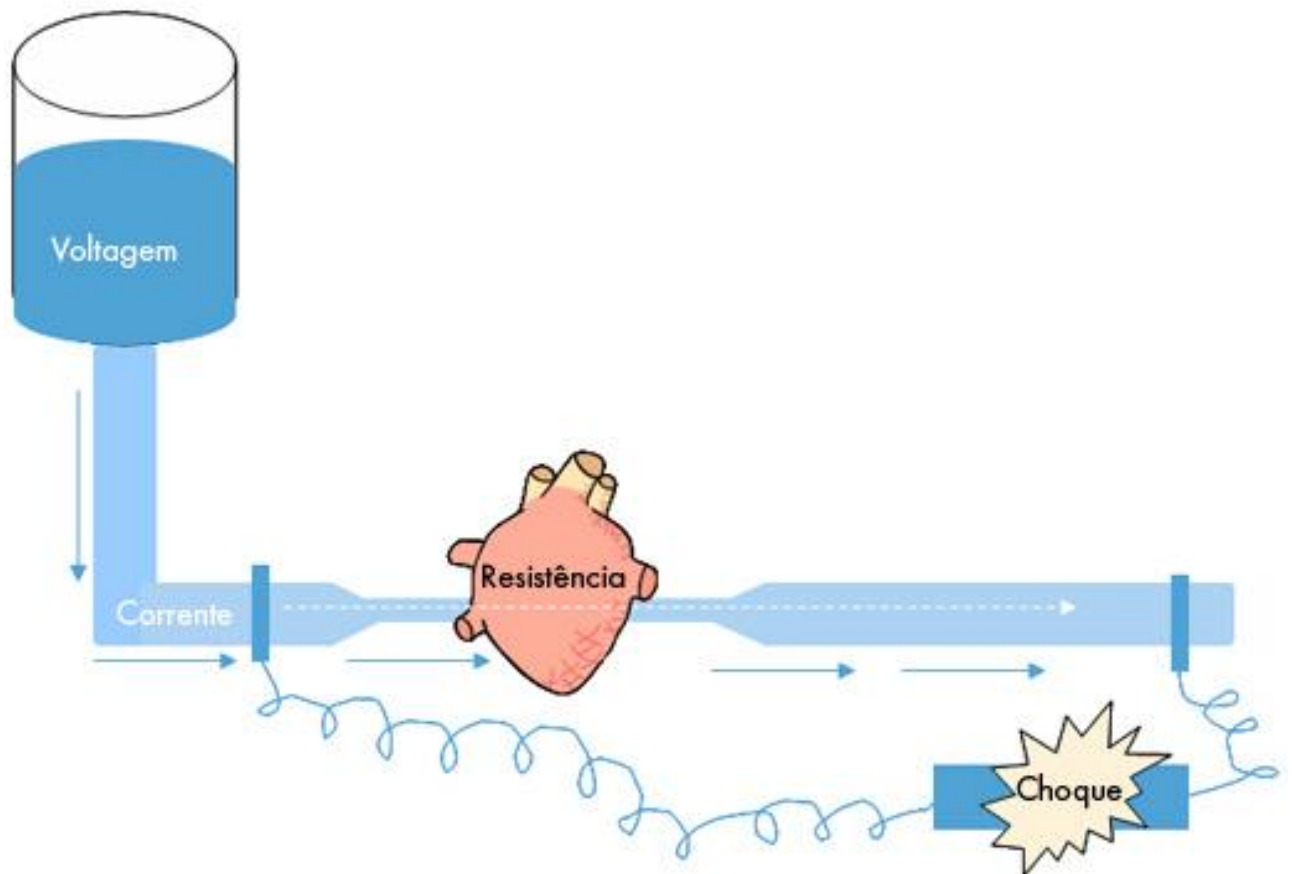
### Princípios da Eletricidade

É de consenso geral que é a corrente que desfibrila o coração. Mas, é muito fácil subestimar a importância da corrente na desfibrilação, já que as regulagens do desfibrilador são medidas pela energia e não a corrente. A energia é, na verdade, o produto de três variáveis:

**VOLTAGEM X CORRENTE X TEMPO**

Uma compreensão básica de eletricidade é muitas vezes de grande ajuda para o entendimento das diferenças entre as formas de onda bifásicas. Os componentes da

eletricidade são muitas vezes explicados utilizando-se uma comparação com os termos da água: a voltagem é análoga à pressão – tal como aquela criada por uma caixa d'água; a corrente é análoga ao fluxo.



A regulagem de energia em um desfibrilador corresponde à quanta voltagem é carregada no capacitor dentro do dispositivo (desfibrilador). Esta correlação não é a mesma para cada desfibrilador. Um fabricante pode carregar 1.500 volts para uma regulagem de 200 J, enquanto outro pode carregar 2.200 volts. Por essa razão, comparar as regulagens de energia entre dispositivos não é mais apropriado.

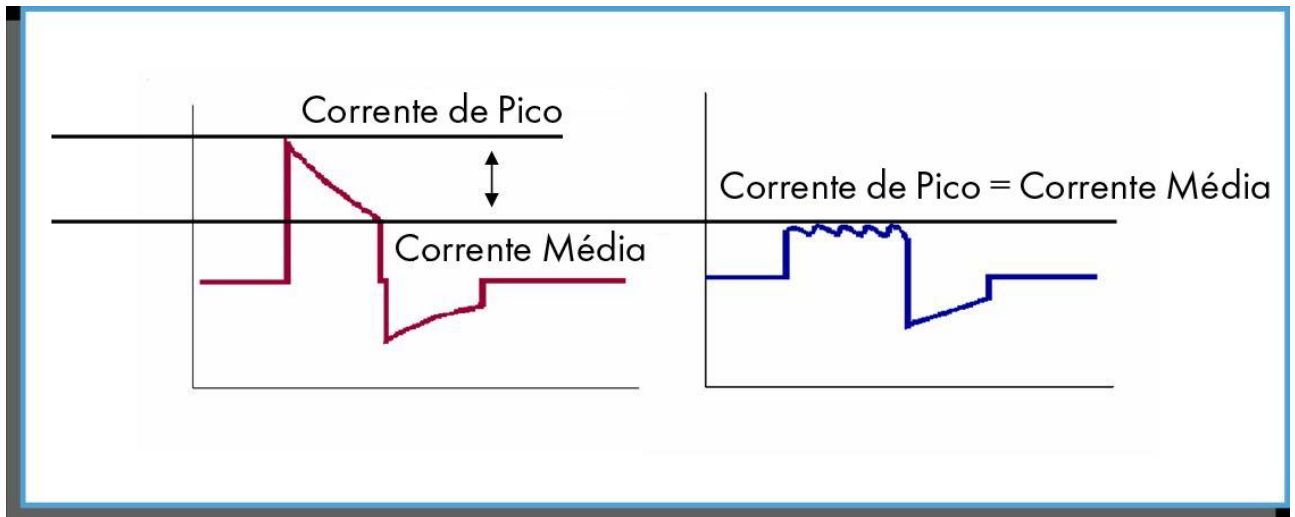
A quantidade de corrente entregue no coração é uma função de dois fatores: voltagem e impedância. A quantidade de corrente entregue ao coração é determinada pela Voltagem/Impedância. Esta relação é conhecida como Lei de Ohm).

Lei de Ohm

$$\text{CORRENTE} = \text{VOLTAGEM} \div \text{IMPEDÂNCIA}$$

Logo, para um dado ajuste de energia, a corrente depende de: **1) a quantidade de voltagem utilizada para um dado ajuste de energia em um dispositivo; 2) a impedância do paciente.**

É também importante fazer a distinção entre dois diferentes tipos de corrente: corrente média e corrente de pico. A corrente de pico é a quantidade máxima de corrente sentida pelo coração. Corrente de pico excessiva pode resultar em eletroporação (formação de poros aquosos nas membranas das células, causadas por um campo elétrico forte; o mecanismo básico do dano à tecido durante choques de alta voltagem) das células miocárdias, que pode resultar em disfunção do miocárdio. A corrente média é a quantidade média de corrente sentida pelo coração durante o choque. Este é o componente o qual acredita-se ser responsável pela desfibrilação bem-sucedida.



**Fato sobre a Onda Bifásica Retilínea da ZOLL :**

O exclusivo controle de impedância da onda bifásica retilínea da ZOLL minimiza o pico de corrente e otimiza a corrente média.

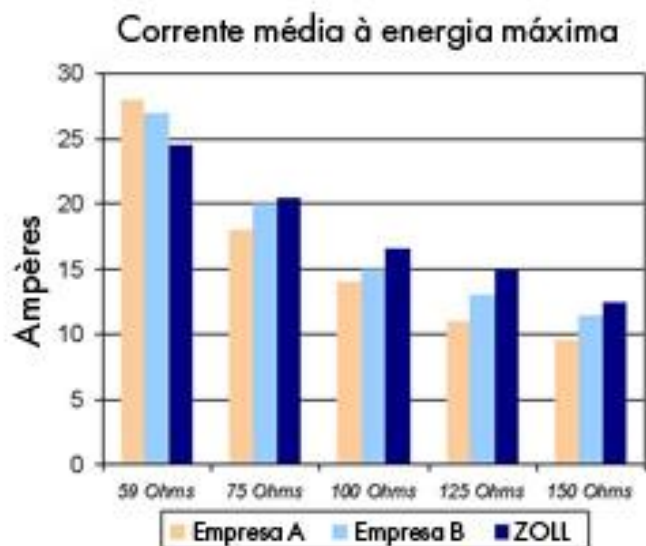
O objetivo do choque de desfibrilação é entregar a quantidade apropriada de corrente média ao mesmo tempo em que minimiza a corrente de pico.

## Mais Corrente Média à 200 J do que outras formas de Onda Bifásicas à 360 J

### Fato sobre a Onda Bifásica Retilínea da ZOLL :

A 200J, a onda bifásica retilínea da ZOLL entrega mais correntes médias para pacientes de alta impedância que qualquer outra forma de onda bifásica - mesmo aquelas que possuem ajustes superiores até 360J.

Como mencionado anteriormente, **a corrente é quem desfibrila o coração**. A Onda Bifásica Retilínea ZOLL™ foi projetada especificamente para desfibrilação externa, de forma a entregar a “dose” exata de corrente média, na duração ideal, independente da impedância do paciente.



À 200 J, a **Onda Bifásica Retilínea ZOLL™** carrega a maior voltagem possível em seu capacitor, 2.222V. Resistores internos do equipamento são adicionados para pacientes de baixa impedância, de forma a não

receberem uma “super dosagem”. Por outro lado, pacientes de alta impedância recebem a maior corrente possível.

Outras formas de onda podem ter regulagens de energia mais altas, mas estas regulagens são realmente somente uma ilusão de maior capacidade, criada ao se estender a duração do choque. O gráfico abaixo mostra como as regulagens de energia em diferentes desfibriladores entregam quantidades de corrente muito diferentes.

## Novo Controle Para Impedância do Paciente

A impedância do paciente afeta diretamente a quantidade de corrente que é entregue ao coração. Enquanto a impedância média dos pacientes é normalmente relatada como sendo algo em torno de 75 ohms, ela pode flutuar em qualquer ponto entre 35 ohms à 150 ohms. Esta variação pode fazer com que seja difícil prescrever a “dose” correta de terapia elétrica.

A Forma de Onda Bifásica Retilínea ZOLL™ é diferente de todas as outras formas de onda bifásicas na forma que ela controla a impedância total. A Forma de Onda Bifásica Retilínea ZOLL utiliza uma série de resistores digitais dentro do desfibrilador, que podem adicionar qualquer coisa entre 0 e 70 ohms de resistência do equipamento para a impedância do paciente. Esses resistores servem à duas importantes funções: primeiro, eles compensam as variações na impedância do paciente para controlar a impedância total; e em segundo, eles mantêm, de forma relativamente constante, a entrega da corrente média durante a primeira fase do choque.

## Como o controle de impedância da Forma de Onda Bifásica Retilínea ZOLL funciona?

### Fato sobre a Onda Bifásica Retilínea da ZOLL :

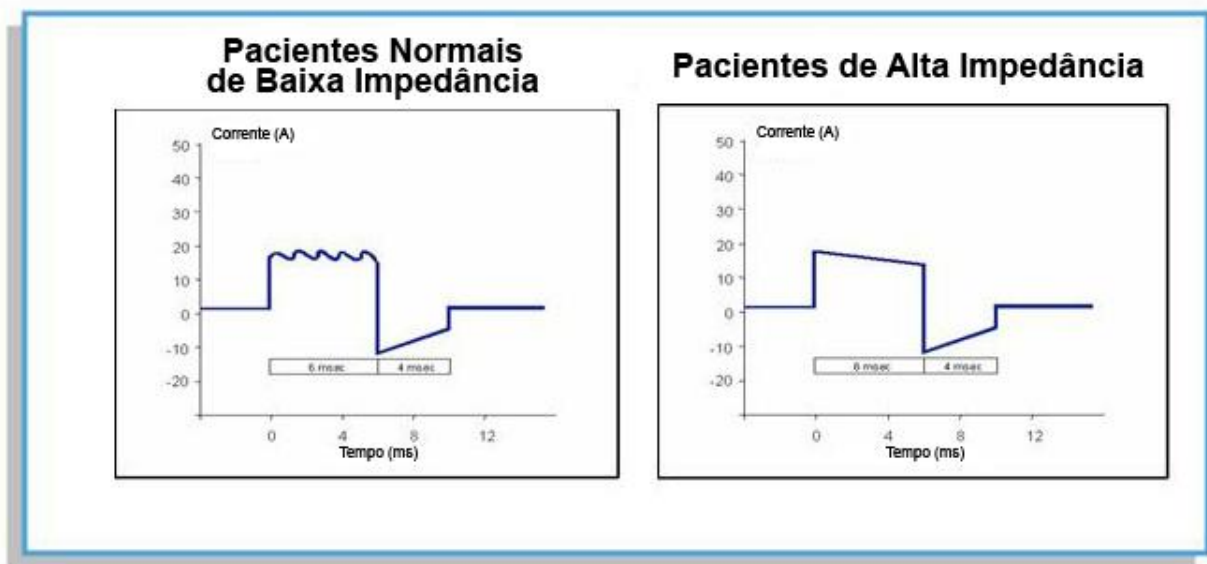
A onda bifásica retilínea da ZOLL foi desenvolvida especificamente para desfibrilação externa. Utiliza uma série de resistores internos digitais que controlam a impedância.

Um pulso de teste de impedância de 250µs é aplicado antes da entrega do choque. Durante esse pulso de teste, todos os resistores de 70 ohms do desfibrilador estão

ativados e a quantidade de corrente que corre através do paciente é medida. No momento em que a impedância do paciente é calculada, a resistência do desfibrilador é mantida ou então reduzida para se ajustar à impedância do paciente, de modo que a impedância total (equipamento + paciente) fique relativamente constante.

Normalmente, a quantidade de corrente entregue ao longo do choque de desfibrilação começa em um pico e então gradualmente decresce. O ideal para a desfibrilação, no entanto, é minimizar a quantidade de corrente de pico e entregar a mais constante possível corrente média. Os resistores dos desfibriladores ZOLL com Forma de Onda Bifásica Retilínea também se ajustam (reduzem) ao longo dos 6ms da primeira face para manter a quantidade de corrente relativamente constante. Isso dá à Forma de Onda Bifásica Retilínea ZOLL sua característica de formato em “serra”.

## Controle da Forma de Onda Bifásica Retilínea ZOLL



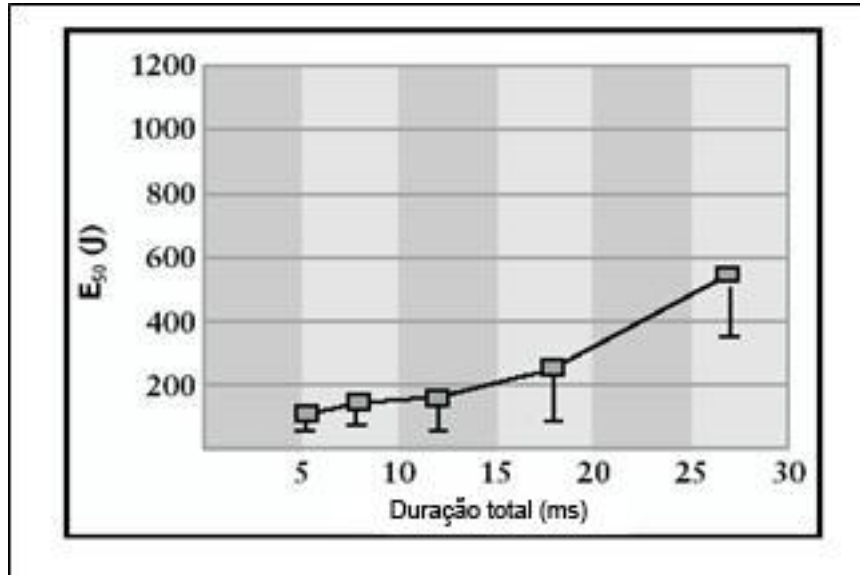
A única exceção à esta característica é para os pacientes de alta impedância. Neste caso, o paciente precisa de toda a corrente possível e os resistores do desfibrilador são todos desativados durante todo o choque. A forma de onda para este grupo de pacientes vai se parecer mais com a típica forma de onda bifásica exponencial truncada, mas mesmo estes pacientes estão obtendo mais corrente com Forma de Onda Bifásica Retilínea ZOLL do que com qualquer outra forma de onda e a duração do choque continua fixada em 10ms.

## Duração Ideal para Choques de Desfibrilação

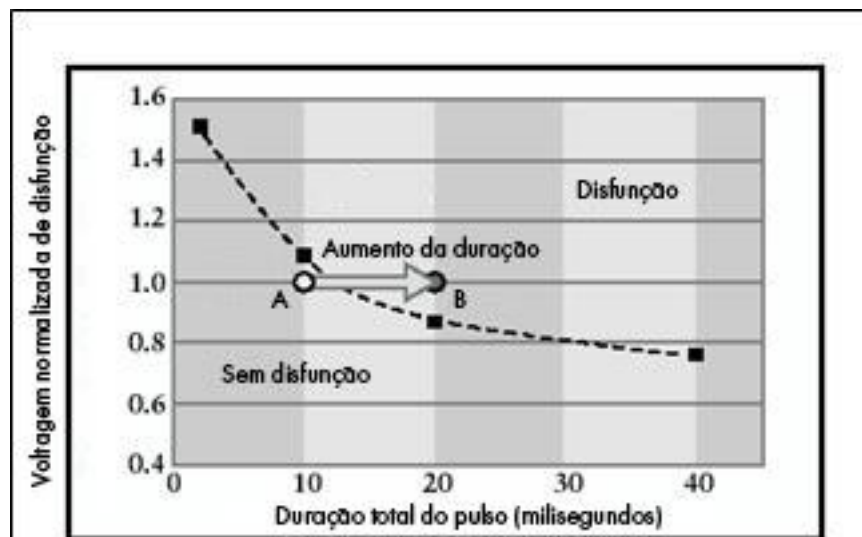
A Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL™ é diferente das outras formas de ondas bifásicas da maneira em que ela trata a duração. A Forma de Onda Bifásica Retilínea

da ZOLL™ fixa uma duração de 10ms, independente da impedância do paciente, para otimizar a influência da curva de duração da força.

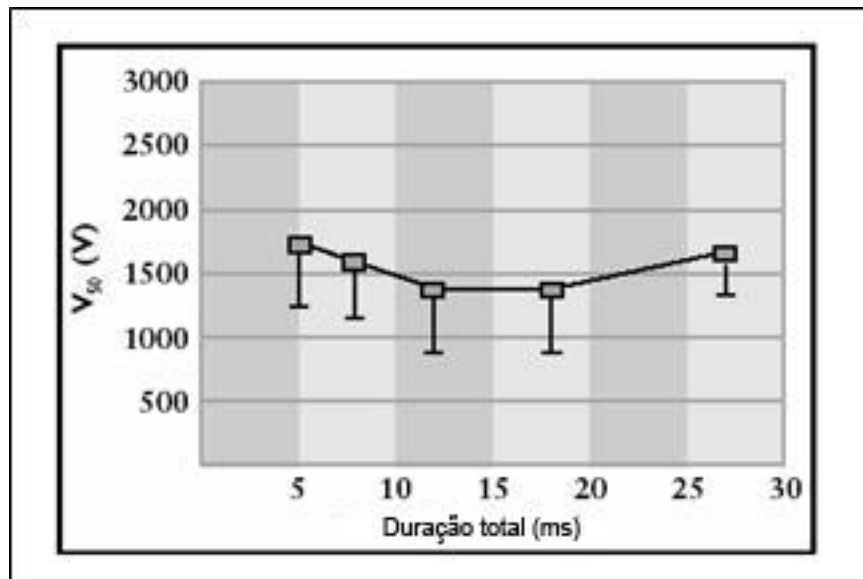
A duração do choque de desfibrilação bifásico possui uma significativa influência na eficácia do choque. Estudos recentes nas formas de onda bifásicas estabeleceram a relação entre a duração da força e a quantidade de voltagem ou energia necessária para atingir os limiares de desfibrilação como função do tempo.



A **Figura 1** mostra a voltagem requerida para obter uma possibilidade de 50% de desfibrilação. Enquanto a duração do choque bifásico aumentar, a quantidade de voltagem requerida inicialmente diminui. Entretanto, uma vez que a duração se estende além de 10 à 12ms, a quantidade de voltagem requerida apenas para atingir a mesma eficácia na verdade também aumenta. De forma similar, quando os requisitos de energia são postos como uma função do tempo, a quantidade de energia requerida para obter a mesma eficácia aumenta assim que a duração do choque é aumentada.



**Figura 2:** A pesquisa de Jones e Milne também descreve a relação entre duração do choque bifásico e disfunção miocárdial.



A **Figura 3** mostra a voltagem necessária em função da duração, para produzir uma parada de contração 4 segundos pós-choque. As formas de onda bifásicas com amplitude/duração localizadas abaixo da curva de disfunção (linha pontilhada) não causam disfunção miocárdial,



enquanto aquelas acima da linha resultaram em disfunção. Por exemplo, uma forma de onda bifásica localizada no ponto A está abaixo da curva de disfunção e portanto não causará disfunção.

#### **Fato sobre a Onda Bifásica Retilínea da ZOLL :**

A onda bifásica retilínea da ZOLL utiliza a duração ideal de 10 mseg para maximizar a eficácia enquanto minimiza a disfunção miocárdica.

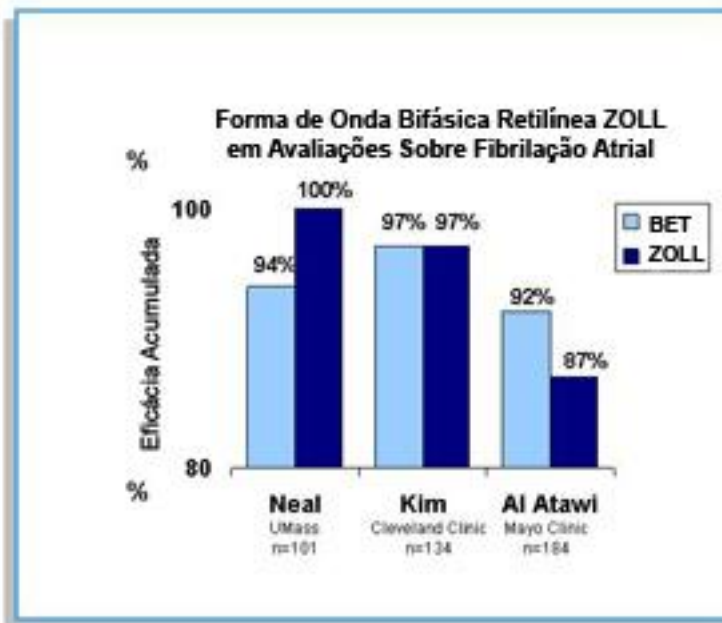
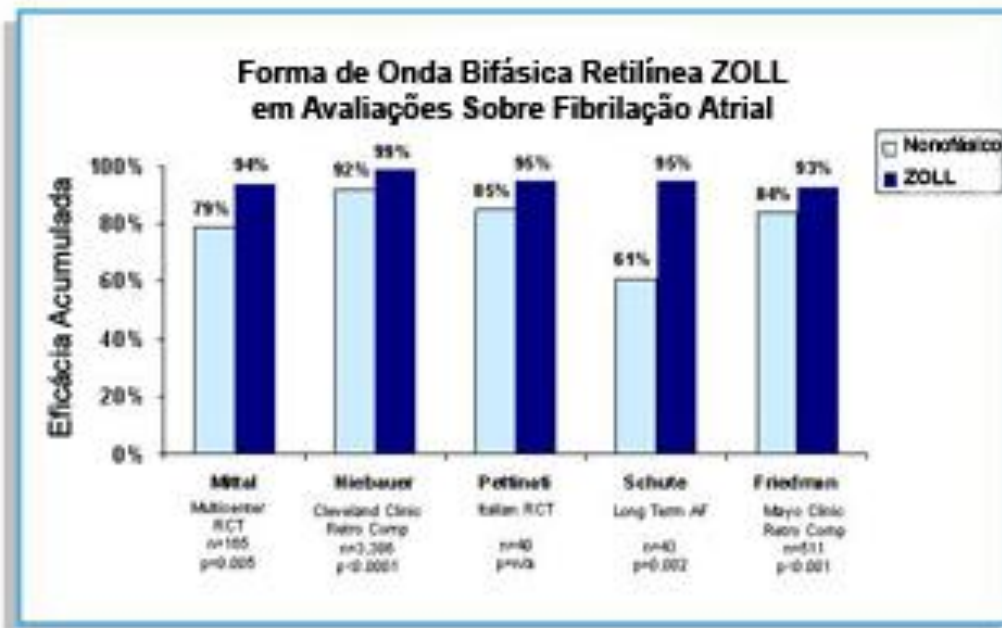
Simplesmente aumentar a duração, enquanto a voltagem permanecer constante, vai resultar em uma forma de onda que causa disfunção miocárdial. Neste caso, aumentar a duração de 10ms para 20ms resulta em uma redução

aproximada de 15% nas margens de segurança. Quanto mais longa a duração da forma de onda bifásica, menor a voltagem requerida para produzir disfunção miocárdial. Outras formas de onda bifásicas fazem uma “compensação” para a impedância do paciente ao estender a duração da equação; entretanto, este subterfúgio não entrega mais corrente para o coração.

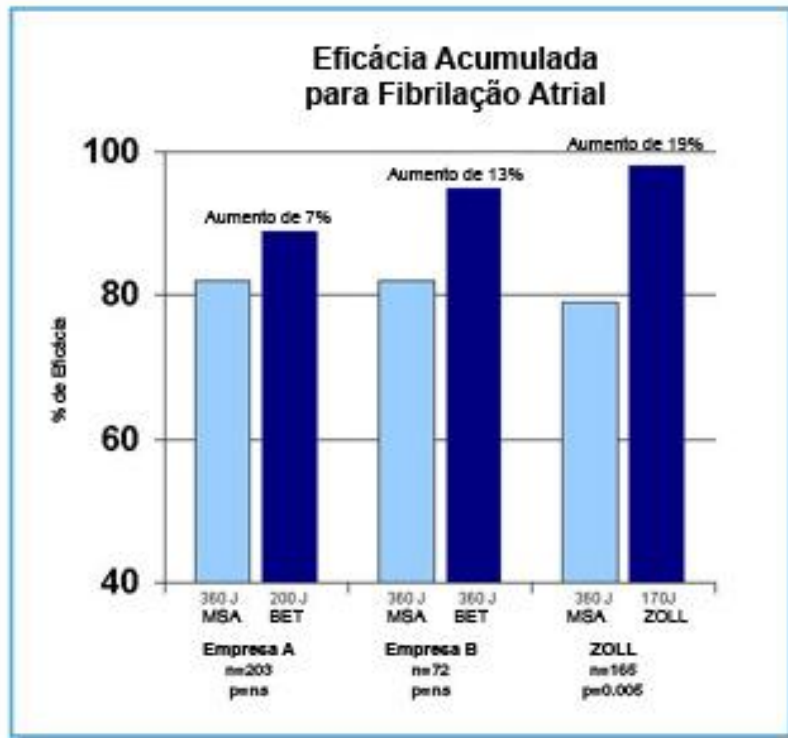
Mais importante, choques com a duração acima de 10ms na verdade reduzem a eficácia e podem aumentar o risco de disfunção miocárdial, mesmo que matematicamente a equação esteja balanceada.

## **Superior para Cardioversão da Fibrilação Atrial**

A Onda Bifásica Retilínea da ZOLL™ foi mais estudada em pacientes humanos do que qualquer outra forma de onda bifásica. Mais de 5.800 pacientes em fibrilação atrial foram estudados em cinco estudos distintos (Figura 1) comparando a Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL com a Forma de Onda Bifásica Exponencial Truncada da Physio Control (Figura 2).



Os resultados são consistentemente impressionantes: em todos os estudos a Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL demonstra superioridade estatística em relação à forma de onda monofásica sinusal amortecida em todas as regulagens de energia. De fato, a Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL foi a única forma de onda bifásica a demonstrar uma melhoria estatisticamente significativa sobre a forma de onda monofásica sinusal amortecida enquanto níveis mais baixos de energia eram utilizados (Figura 3).



Em comparação com a forma de onda da Physio-Control, os resultados eram estatisticamente equivalentes em todos os três estudos, mesmo quando a forma de onda da Physio-Control obteve vantagem ao ceder seus eletrodos para o dispositivo da ZOLL (estudo do Kim) e ao entregar 2 choques adicionais (estudo al Atawi).

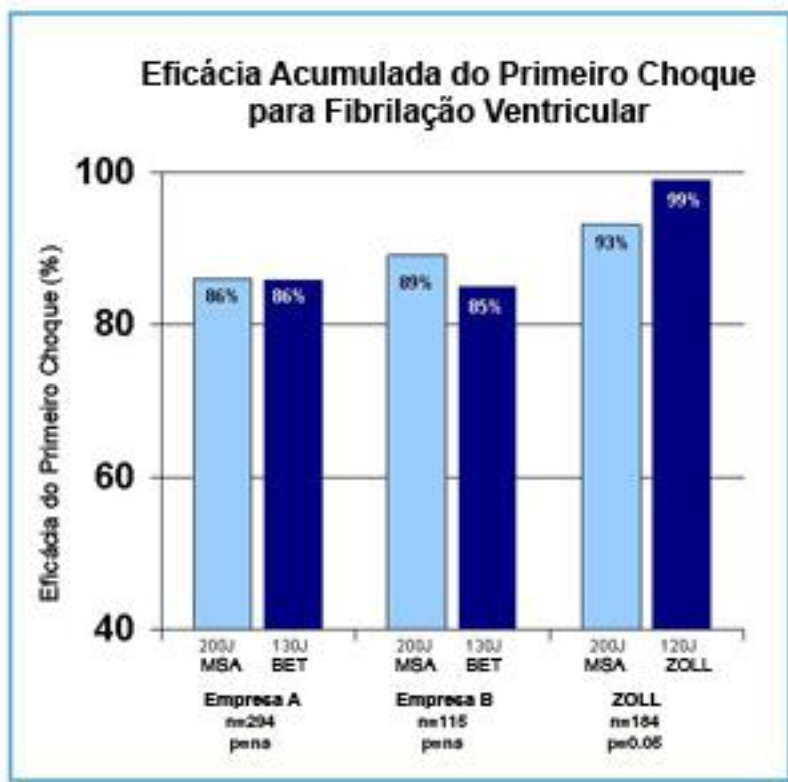
Tipo de Forma de Onda Bifásica	Protocolo de Estudo	Locais	Conclusão	
	Bifásico Monofásico			
Exponencial Truncada	130 J vs 200 J	13		Todos os estudos mostram equivalência ou maior eficácia da ZOLL no primeiro choque.
Exponencial Truncada	200 J vs 200 J	7		
Exponencial Truncada	200 J vs 200 J	5		
Retilínea	120 J vs 200 J	9		

## Superior para Cardioversão da Fibrilação Ventricular

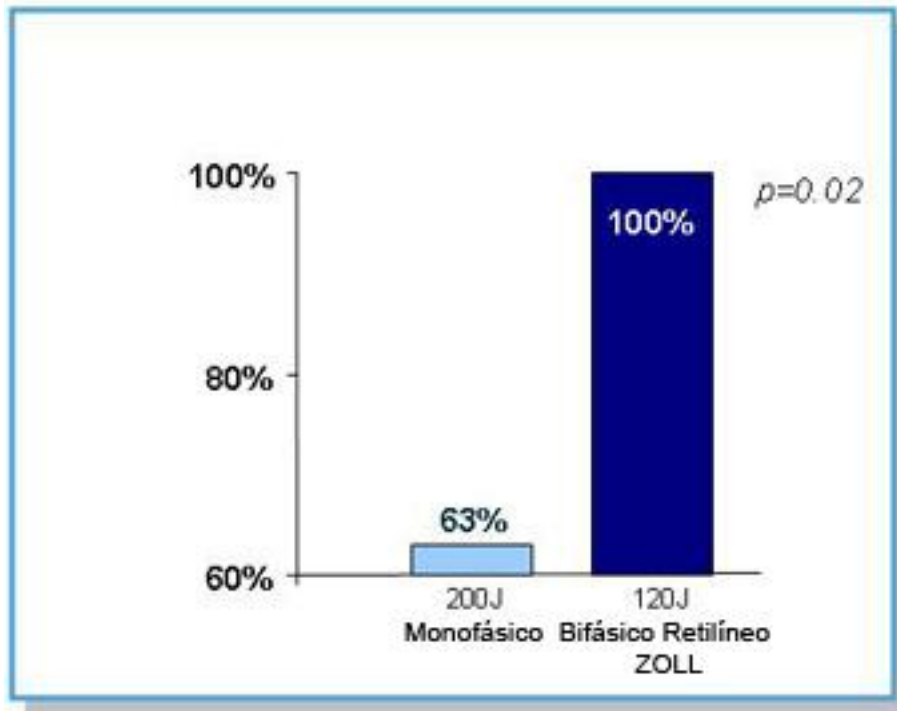
A performance da Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL™ se sobressai novamente na desfibrilação da fibrilação ventricular no Laboratório de Eletrofisiologia. Três testes clínicos distintos foram conduzidos para três diferentes formas de onda. Em comum, cada uma foi comparada a um mesmo padrão, a forma de onda monofásica sinusal amortecida (MSA – Figura 1).

A Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL foi a única forma de onda bifásica a demonstrar superioridade estatística a um choque de monofásico sinusal amortecido de 200J em regulagens baixas de energia – 99% de eficiência à 120J. Somente 1 paciente no estudo precisou de um segundo choque à 150J para a interrupção da fibrilação ventricular. Ainda, os resultados da Forma de Onda Bifásica Mais se tornaram ainda mais significativos quando a população de pacientes foi segregada em somente pacientes de alta impedância (maiores do que 90ohms) – 0 resultado foi 100% de eficácia no choque a 130J para a Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL, contra 63% de eficácia do primeiro choque a 200J para forma de onda monofásica sinusal amortecida ( $p=0.02$ )(Figura 2).

### Resultados Bifásicos para FV (Figura 1)



Mittal et. al. (Figura 2)



## Desfibrilação Superior para Parada Cardíaca Pré-Hospitalar

### Fato sobre a Onda Bifásica Retilínea da ZOLL :

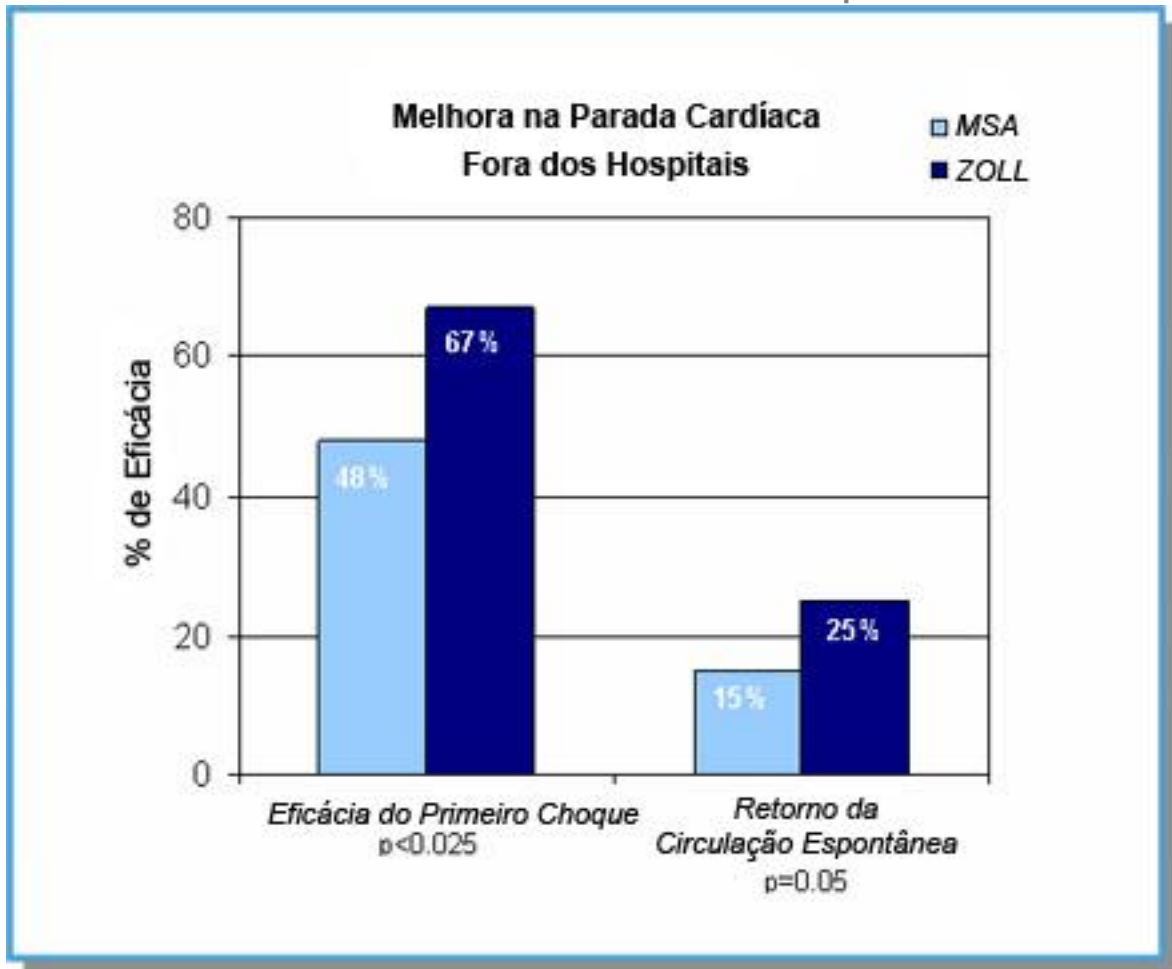
A onda bifásica retilínea da ZOLL é a única forma de onda bifásica testada em ambiente pré-hospitalar que se mostrou estatisticamente superior as formas de onda monofásicas.

Equipes de socorristas de Suporte Avançado à Vida apresentaram recentemente resultados de dois testes clínicos utilizando a onda Bifásica Retilínea da ZOLL™ em paradas cardíacas fora dos hospitais. Ambos os estudos confirmam a superioridade onda Bifásica

Retilínea da ZOLL sobre as formas de onda monofásicas sinusais amortecidas em paradas cardíacas fora dos hospitais.

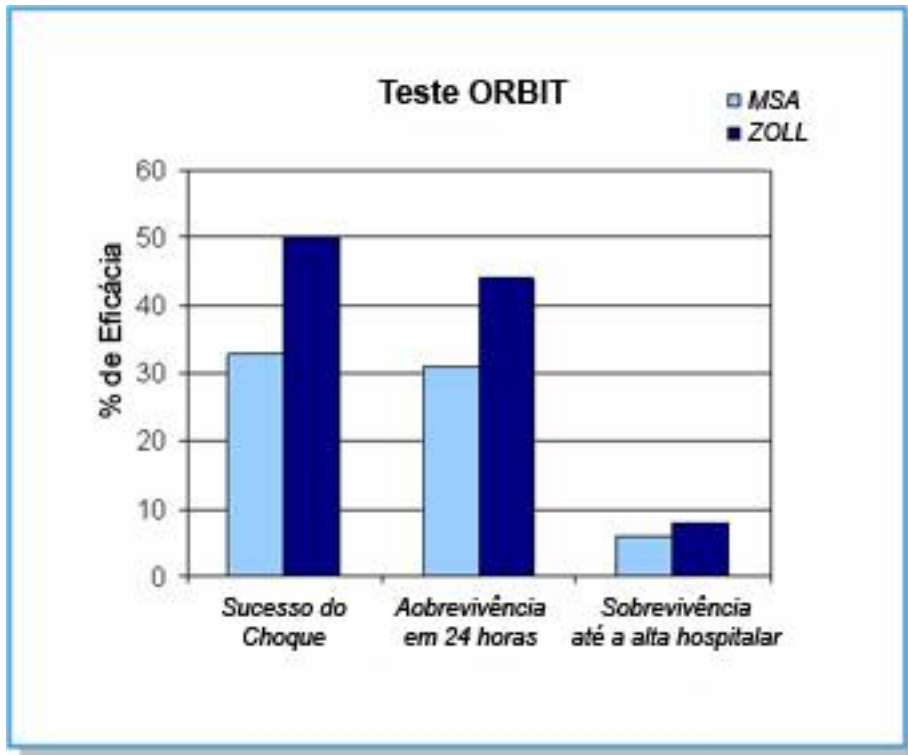
Stohtert et al. também publicou recentemente os resultados de um teste clínico em retrospectiva de 294 pacientes tratados para paradas cardíacas. Os resultados revelaram um aumento de 40% na eficácia do primeiro choque e um aumento de 67% no retorno da circulação espontânea com ritmo sinusal normal.

## A Tendência Contínua nas Paradas Cardíacas Fora dos Hospitais



Stohtert et al. *Prehospital Emergency Care*. 2002; 6:149-150 (abstract).

Resultados do Teste da Intervenção Bifásica Retilínea Fora dos Hospitais (cuja sigla em inglês é ORBIT) mostraram que a Forma de Onda Bifásica Retilínea da ZOLL tem eficácia superior às formas de onda monofásicas sinusais amortecidas em paradas cardíacas fora dos hospitais, tratadas com Suporte Avançado à Vida (SAV). Diferente de outros testes de desfibrilação fora dos hospitais, o teste ORBIT utilizou um protocolo muito mais desafiador com socorristas de SAV ao invés de primeiro-socorristas, e definiu como meta de sucesso ritmos elétricos organizados ao invés de somente a ausência de Fibrilação Ventricular. Isso faz o aumento de 55% em eficácia ainda mais significativo face à uma perspectiva de longo prazo. Ainda, o teste ORBIT é o único estudo bifásico fora dos hospitais a revelar melhoria estatisticamente relevante em sobrevivência de 24 horas.



## Recomendações Bifásicas Pediátricas

### Atuais Diretrizes

As diretrizes de 2005 da AHA afirmam que, “baseado em dados de estudos adultos e modelos animais pediátricos, os choques bifásicos aparentam ser, no mínimo, tão eficientes quanto os choques monofásicos e menos danosos. Com um desfibrilador manual (monofásico ou bifásico), utilize a proporção de 2J por quilo na primeira tentativa e 4J por quilo para as tentativas subseqüentes.”

### Aprovação do Bifásico ZOLL para Pediátricos

A aprovação da FDA para o uso da tecnologia Bifásica Retilínea da ZOLL em pediátricos foi baseada nos resultados de *Um Estudo Comparativo da Desfibrilação Bifásica para Dosagens Pediátricas Utilizando um Modelo Porcino*. Este estudo demonstra a segurança e a eficácia desta forma de onda em pacientes pediátricos e apóia o protocolo de desfibrilação de 2J por quilo. Apesar deste ser o mesmo protocolo utilizado com as ondas monofásicas, os pacientes pediátricos vão se beneficiar de uma reduzida possibilidade de disfunção miocárdial associada ao uso das formas de ondas bifásicas, que entregam menos corrente de pico que as formas de onda monofásicas.

### Uso dos DEAs ZOLL para Desfibrilação Pediátrica

Os desfibriladores ZOLL AED Plus® e AED Pro® forma aprovados para desfibrilação de pacientes pediátricos com o uso dos eletrodos *pedi-padz®II*. Paradas cardíacas súbitas raramente atacam uma criança pequena. Quando ela ocorre, a American Heart

Association recomenda o uso de um DEA que entrega doses pediátricas de energia mais baixas. [1]

Os desfibriladores AED Plus e AED Pro fornecem várias vantagens sobre outros DEAs para a desfibrilação pediátrica. Em primeiro lugar, eles permitem que você saiba qual o tipo de resgate que está em processo: adulto ou pediátrico. Isso auxilia na prevenção de falhas. Os socorristas estão menos sujeitos a entregar pouca energia à um adulto, por causa de eletrodos pediátricos estarem colocados, ou energia demais para uma criança, por causa de eletrodos adultos estarem colocados. Os socorristas podem até mesmo trocar os eletrodos no meio de um resgate, caso descubram que houve um erro.

Em segundo lugar, ao contrario da maioria dos DEAs de outras marcas com eletrodos pediátricos conectados, o AED Plus e AED Pro utilizam uma análise rítmica de ECG que foi especialmente projetada e testada com ECGs específicos para a população de pacientes pediátricos, especialmente ritmos como taquicardias ventriculares e supra-ventriculares que diferem muito da apresentada nos adultos. [2]

Por fim, estes dispositivos também entregam, especificamente, níveis de energia menores para as crianças. A regulagem padrão de energia para desfibrilação pediátrica com o AED Plus e o AED Pro são, 50J, 70J e 85J. As regulagens de energia podem ser configuradas pelo usuário utilizando o ZOLL Administrative Software. Outros DEAs enviam níveis adultos mais altos de energia para seus eletrodos, contando com resistores especiais nos cabos para reduzir a energia entregue ao coração da criança. Resistores adicionados vão geralmente resultar em durações na forma de onda que são longas demais, de forma assim a reduzir potencialmente a eficiência da forma de onda. O AED Plus e AED Pro sempre entregam níveis de energia mais baixos específicos para um resgate pediátrico, com a duração e nível de correntes ideais. Seus socorristas podem ter certeza de que a energia entregue vai ser correta para a criança que eles estão socorrendo.

[1] Sampson RA, Berg RA, Bingham R et al. Use of automated External Defibrillators for Children: An Update. *Circulation* 2003; 107:3250-3255

[2] Atkins D, Law I, Blaufox A et al. Automated external defibrillator analysis specifically designed for pediatric patients. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005:1090-228. Abstract.

## Bibliografia

Stothert JC, Hatcher TS, Gupton CL et al. Resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest using the rectilinear biphasic waveform. *Prehospital Emergency Care*. 2004;8:109-110 (abstract).

Morrison LJ, Dorian P, Long J et al. A randomized controlled trial comparing safety and efficacy of rectilinear biphasic versus monophasic defibrillators in out-of-hospital cardiac arrest: ORBIT. *Circulation* 2003; 108:21 (abstract).

Neal S, Ngarmukos T, Lessard D, et al. Comparison of the efficacy and safety of two biphasic defibrillator waveforms for the conversion of atrial fibrillation to sinus rhythm. *American Journal of Cardiology*. 2003;92:810-814.

al Atawi FO, Gurevitz O, Ammash NM et al. Comparison of biphasic waveforms for the transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: Mayo Clinic cardioversion center experience. *Circulation*. 2003;108:2940 (abstract).



Kim SG, Kim M, Park D et al. Prospective randomized comparison of rectilinear biphasic waveform shock versus truncated exponential biphasic waveform shock for transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. Presentation at the 52 nd Annual Scientific Session of ACC. 2003; 873-4 (abstract).

Healy E, Neal S, Lessard D, et al. A prospective randomized pilot study comparing the efficacy of the biphasic rectilinear waveform with the biphasic truncated exponential waveform for conversion of atrial fibrillation. PACE. 2002;24:555 (abstract).

Neal S, Nappa K, Dowden C, et al. Evaluation of skin condition following biphasic transthoracic cardioversion shocks: an answer to that burning question. PACE. 2002;24:550 (abstract).

Friedman PA, Ammash N, Oster S, et al. Role of ibutilide and biphasic waveforms for cardioversion of atrial fibrillation in routine clinical practice. PACE. 2002;24:634 (abstract).

Schute D, Libhaber C, Silwa K, et al. Rectilinear biphasic rather than monophasic waveforms for transthoracic cardioversion of patients with rheumatic heart disease and longstanding atrial fibrillation after corrective tricuspid valve procedures. Journal of the American College of Cardiology. 2002;39:429A (abstract).

Mittal S, Ayati S, Stein KM, et al. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. Circulation. 2000;101:1282-1287.

Niebauer NJ, Bash D, Chung MK, et al. Cardioversion thresholds of atrial fibrillation and atrial flutter using an external biphasic waveform defibrillator. NASPE Presentation. May 2000; Session 36 (abstract).

Niebauer MJ, Chung MK, Wilkoff BL, et al. Success rate of the rectilinear biphasic waveform in atrial cardioversion in a large cohort of patients. Oral presentation at 73 rd Scientific Sessions of the AHA. 2000:2781 (abstract).

Tang W, Weil MH, Sun Shijie, et al. Defibrillation with low-energy biphasic waveform reduces the severity of post-resuscitation myocardial dysfunction after prolonged cardiac arrest. Journal of Critical Care Medicine . 1999;27:A43 (abstract).

Tang W, Weil MH, Sun S, et al. The effects of biphasic and conventional monophasic defibrillation on postresuscitation myocardial function. Journal of the American College of Cardiology. 1999;34:815-822.

Page RL, Kerber RE, Russell JK, et al. Biphasic versus monophasic shock waveform for conversion of atrial fibrillation. Journal of the American College of Cardiology. 2002;39:1956-63.

Schneider T, Martens PR, Paschen H, et al. Multicenter, randomized, controlled trial of 150J biphasic shocks compared with 200 to 360J monophasic shocks in the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest victims. Circulation. 2000;102:1780-1787.

Gliner BE, White RD. Electrocardiographic evaluation of defibrillation shocks delivered to out-of-hospital sudden cardiac arrest patients. Resuscitation. 1999;41:133-144.

Gliner BE, Jorgenson DB, Poole JE et al. Treatment of out-of-hospital cardiac arrest with a low-energy impedance-compensating biphasic waveform automatic external defibrillator. Biomedical instrumentation & Technology. 1998;32:631-644.

Reddy RK, Gleva MJ, Gliner BE et al. Biphasic transthoracic defibrillation causes fewer ECG ST-segment changes after shock. Annals of Emergency Medicine. 1997;30:127-134.

Bardy GH, Marchlinski FE, Sharma JD et al. Multicenter comparison of truncated biphasic shocks and standard damped sine wave monophasic shocks for transthoracic ventricular defibrillation. *Circulation*. 1996;94:2507-2514.

Bardy GH, Gliner BE, Kudenchuk PJ, et al. Truncated biphasic pulses for transthoracic defibrillation. *Circulation*. 1995;91:1768-1774.

Greene HL, DiMarco JP, Kudenchuk PJ, et al. Comparison of monophasic and biphasic defibrillating pulse waveforms for transthoracic cardioversion. *American Journal of Cardiology*. 1995;75:1135-1139.

Gold MR. Biphasic defibrillation: increasing efficacy while decreasing risk. Medtronic Physio Control White Paper. 2003.

Gold, ME. The case for escalating protocol and energy reserve in external biphasic defibrillators. Medtronic Physio Control White Paper. 2001.

Jain VC and Wheelan K. Successful cardioversion of atrial fibrillation using 360J biphasic shock. *American Journal of Cardiology*. 2002;90:331.

Koul A, Rashba EJ, Shorofsky SR et al. Is 360 joules necessary for biphasic transthoracic cardioversion of atrial fibrillation? *PACE*. 2002 24:688 (abstract).

Reisinger J, Hollinger K, Mori M, et al. Efficacy of biphasic shocks for transthoracic cardioversion of atrial tachyarrhythmias. *European Heart Journal*. 2001;22:132 (abstract).

Koster R, Adams, R, Chapman FW. Biphasic truncated exponential shocks provide a high rate of success for external cardioversion of atrial fibrillation. *Resuscitation*. 200;45:S52 (abstract).

Walker RG, O'Grady SG, Purdy SA, et al. Initial experience with a full energy biphasic waveform for termination of ventricular fibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2000;45:S49 (abstract).

Walker RG, Melnick SB, Chapman FW et al. Comparison of six clinically used external defibrillators in swine. *Resuscitation*. 2003;57:73-83.

Niemann JT, Garner D, Lewis RJ. Transthoracic impedance does not decrease with rapidly repeated countershocks in a swine cardiac arrest model. *Resuscitation*. 2003;56:91-95.

Killingsworth CR, Melnick SB, Chapman FW, et al. Defibrillation threshold and cardiac responses using an external biphasic defibrillator with pediatric and adult adhesive patches in pediatric-sized piglets. *Resuscitation*. 2002;55:177-185.

Walker RG, Melnick WB, Walcott GP et al. Comparison of clinically used biphasic waveforms for external defibrillation. *SAEM 2001 Annual Meeting Abstracts* 2001;432 (abstract).

Walker RG, Taylor JW, Schmitt PW, et al. Comparison of a biphasic truncated exponential waveform to two standard monophasic waveforms for external defibrillation. *Resuscitation*. 2000;45:S49 (abstract).

Walcott GP, Walker RG, Cates AW et al. Choosing the optimal monophasic and biphasic waveforms for ventricular defibrillation. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology* 1995;6:737-750.

van Alem AP, Waalewijn RA, Koster RW, et al. Assessment of quality of life and cognitive function after out-of-hospital cardiac arrest with successful resuscitation. *American Journal of Cardiology*. 2004;93:131-135.

Khaykin Y, Newman D, Kowalewski M et al. Biphasic versus monophasic cardioversion in shock-resistant atrial fibrillation: a randomized clinical trial. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2003; 14:868-872.

Schwarz B, Bowdle A, Jett K et al. Biphasic shocks compared with monophasic damped sine wave shocks for direct ventricular defibrillation during open heart surgery. *Anesthesiology*. 2003;98:1063-1069.

Van Alem AP, Chapmen FW, Lank P, et al. A prospective, randomized and blinded comparison of first shock success of monophasic and biphasic waveforms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2003;58:17-24.

van Alem AP, Koster RW, Chapman FW. A blinded, randomized comparison of biphasic and monophasic waveform defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *European Heart Journal*. 2001;22:242 (abstract).

Dorian P, Koster RW, Chapman FW et al. A prospective, randomized comparison of monophasic and biphasic shocks for external cardioversion of atrial fibrillation: shock efficacy and post-procedure pain. *European Heart Journal*. 2001;22:132 (abstract).

Schwarz B, Bowdle A, Lazzara R, et al. Direct defibrillation during cardiothoracic surgery is more effective with biphasic shocks than monophasic damped sine wave shocks. *European Heart Journal*. 2001;22:89 (abstract).

Dorian P, Koster RW, Chapman, FW, et al. External cardioversion of atrial fibrillation with biphasic shocks requires less current and causes less patient discomfort. *Academic Emergency Medicine*. 2001;8:543 (abstract).

Mittal S, Ayati S, Stein KM, et al. Comparison of a novel rectilinear biphasic waveform with a damped sine wave monophasic waveform for transthoracic ventricular defibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. 1999;35:1595-1601.

Pettinati, G, Storti G, Marzo, A, et al. External electrical cardioversion of atrial fibrillation: rectilinear biphasic vs. monophasic shock. *Journal of the American College of Cardiology*. 1999;33:61B (abstract).