

## Comparação da Forma de Onda Bifásica Retilínea com a Monofásica Senoidal Amortecida para Cardioversão Externa e Flutter de Fibrilação Atrial

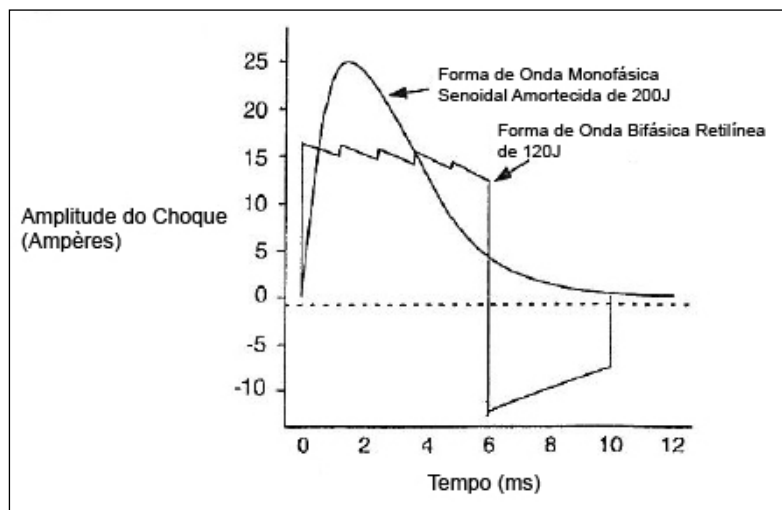
Mark J. Niebauer, PhD, MD, James E. Brewer, MS, Mina K. Chung, MD, e Patrick J. Tchou, MD

*A cardioversão externa usando a forma de onda monofásica senoidal amortecida (MSA) é bem sucedida em 70% a 90% das vezes quando for utilizado 360J. O desfibrilador bifásico retilíneo (BR) mostrou-se superior em eficácia em relação às formas de ondas MSA em cardioversão atrial em um pequeno estudo randômico. Esse estudo retrospectivo maior, compara o resultado das formas de ondas BR com aquelas formas de ondas MSA para cardioversão da fibrilação atrial (FA) e flutter atrial em um grupo maior de pacientes. Nós realizamos 1.877 procedimentos de cardioversão externa em 1.361 pacientes com FA e flutter mátria, utilizando um desfibrilador BR. Nós comparamos esses resultados com o resultado dos desfibriladores MSA em 2.025 pacientes que foram submetidos a 2.818 procedimentos de cardioversão. A taxa de sucesso geral para os desfibriladores BR foi de 99.1% para a FA e 99.2% para flutter atrial, e as taxas de sucesso correspondente para os desfibriladores MSA foram de 92.4% e 99.8% ( $p < 0,001$ ; BR superior para FA). O nível médio geral de energia com sucesso para as formas de ondas MSA foi de 200J, enquanto o correspondente nível de energia BR foi de 100J. Uma análise multi variável demonstrou que as condições clínicas subjacentes ou o uso de drogas anti arrítmicas no geral não afetaram significativamente as taxas de sucesso. Nossos resultados acima dos 4.000 procedimentos confirmaram e estenderam aqueles do relatório anterior, exibindo uma taxa de sucesso muito alta para a cardioversão da FA e flutter atrial usando a forma de onda BR. A forma de onda MSA foi igualmente efetiva com a flutter atrial mas significativamente menos efetiva na terminação da FA. © 2004 by Excerpta Medica, Inc. (Am J Cardiol 2004;93:1495-1499)*

Desde sua introdução em 1962 por Lown et al<sup>1</sup>, a cardioversão externa de corrente direta tem sido o método<sup>2</sup> preferido para acabar com a fibrilação atrial (FA) e o flutter atrial. Esse método é seguro e efetivo<sup>3-8</sup> em 70% a 94%, quando o choque de forma de onda de cardioversão monofásica senoidal amortecida (MSA) é usado (Figura 1). Um desfibrilador externo que entrega uma forma de onda bifásica retilínea (BR) foi desenvolvido (Figura 1). Este desfibrilador, fabricado pela Zoll Corp. (Burlington, Massachusetts), foi aprovado baseado em uma comparação randômica com a forma de onda MSA em um pequeno teste clínico multicêntrico em perspectiva<sup>1</sup>. O teste demonstrou que os choques BR, utilizando um ajuste de energia até 170Joules, são significativamente mais eficientes do que os choques MSA de até 360J para as cardioversões externas da FA. Desde que adquirimos o desfibrilador BR, logo após seu lançamento em 1999, nós viemos utilizando-o em cardioversão da FA em uma grande amostragem de pacientes com FA e flutter atrial. Os pacientes com FA e flutter atrial não foram avaliados nos estudos prévios.<sup>7</sup> Nós então comparamos em retrospectiva os resultados da BR com os resultados anteriores de cardioversão de forma de onda MSA, para levantar as diferenças de eficácia em alcançar a cardioversão transiente, persistente e, de forma geral, bem-sucedida para o ritmo sinusal.

### MÉTODOS

Esse estudo foi um teste em retrospectiva que avaliou os resultados da cardioversão elétrica transtorácica externa, usando a forma de onda BR em um ambiente clínico geral. O estudo foi revisado e aprovado pelo Conselho de Revisão Institucional da Clínica Cleveland (Cleveland, Ohio). De Outubro de 1999 a Setembro de 2001, houve 1.056 pacientes (pacientes externos e internos) que se submeteram a 1.503 os procedimentos de cardioversão externa para a FA por um desfibrilador BR no nosso laboratório de eletrofisiologia. Durante esse mesmo período, nós realizamos 337 procedimentos de cardioversão em 305 pacientes com flutter atrial usando a forma de onda BR. Disso, 1.361 pacientes se submeteram a 1.877 procedimentos de cardioversão com o desfibrilador



**FIGURA 1:** O perfil da corrente da primeira fase da forma de onda BR é relativamente plana, comparado com o valor maior de corrente de pico vista na forma de onda MSA.

de forma de onda MSA de Agosto de 1996 a Setembro de 1999. O desfibrilador MSA entregou até 360J e o desfibrilador BR entregou até 200J (em contraste com os equipamentos usados no estudo clínico seminal por Mittal et al<sup>7</sup>, no qual o máximo de 170J era disponível).

**Definições:** O sucesso de choque foi definido como a conversão para um ritmo sinusal juncional atrioventricular com as ondas P retrógradas ou como um ritmo atrial compassado imediatamente após o choque com uma despolarização atrial identificável  $\geq 1$ . Isso confirmou a terminação da reentrada atrial em andamento. Se a FA não estivesse presente quando o paciente deixasse o laboratório (normalmente de 15 a 30 minutos depois do choque), nós definimos o procedimento como "sucesso permanente". No entanto, a FA ou flutter atrial recorreu em <10% dos pacientes antes de deixar o laboratório, apesar dos choques adicionais com a conversão transiente da disritmia presente em alguns casos. Nesses casos, nos quais os pacientes deixaram o laboratório com FA ou flutter atrial após um choque inicialmente bem sucedido, nós definimos como "sucesso transiente". Publicações recentes têm abordado o fenômeno da recorrência de FA após a cardioversão. O termo "recorrência imediata" da FA agora é usada geralmente para descrever a recorrência que ocorre dentro de 1 a 2 minutos após a cardioversão, e "recorrência subaguda" descreve a recorrência de 2 minutos até 2 semanas depois da cardioversão bem sucedida. Infelizmente, muitos dos nossos dados precederam essas definições, e o retrospecto dos registros de procedimentos de pacientes não era muito claro na maioria dos casos, bem como por exemplo, precisar quando uma FA ocorreu antes da dispensa do paciente do laboratório eletrofisiológico. Portanto, nossos procedimentos transientes bem sucedidos incluem todas as recorrências imediatas e os procedimentos recorrentes subagudos iniciais. "Sucesso em Geral" foi definido como a soma das taxas de sucesso transiente e persistente para uma data arritmia e forma de onda, significando eficiência do choque. Se nós fôssemos incapazes de cessar a arritmia até mesmo para um único batimento atrial organizado, o procedimento foi chamado de "falha". Para confirmar se um resultado de procedimento foi registrado com precisão, nosso banco de dados registra esses resultados em 3 campos diferentes: campo de resultado do processo final, um segundo campo de registro do ritmo cardíaco final e um terceiro campo do registro do resultado após cada choque ao paciente. Quaisquer conflitos eram solucionados pela revisão da ficha do paciente, onde os registros dos ritmos iniciais e finais do pacientes eram guardadas, e o sumário escrito do procedimento. Nos casos bem raros nos quais a falha e o sucesso transiente não puderam ser solucionados pela revisão do banco de dados da planilha, foi registrado uma falha.

**Formas de Ondas de Choque:** A forma de onda Bifásica Retilínea BR foi gerada com um desfibrilador externo BR (Desfibrilador Bifásico Zoll Series, Zoll Corp.) A forma de onda era

BR. O resultado de todos os procedimentos de cardioversão BR foram revisados para determinar a eficácia geral dessa forma de onda em nossa grande população clínica. Nós comparamos a taxa de sucesso geral dos choques BR com aquelas de nosso estudo de cardioversão anterior em 2.025 pacientes (1.490 com FA e 355 com flutter atrial) que se submeteram a 2.848 cardioversões externas (2.200 com FA e 648 com flutter atrial) usando um desfibrilador

gerada a uma capacidade de descarga de 115 $\mu$ F, compreendendo uma essencialmente corrente constante de 6ms na primeira fase e uma truncada exponencial de 4ms na segunda fase (Figura 1). As amplitudes das fases mudaram com a energia selecionada até um máximo de 200J. Os choques das formas de ondas MSA foram entregues por um desfibrilador da Zoll PD-1200, que entrega até 360J de energia.

**Eletrodos de Choque:** Os eletrodos adesivos de cardioversão externa foram usados para entregar os choques BR e MSA dos desfibriladores Zoll correspondentes. Esses eletrodos eram posicionados em uma orientação anterior esquerda ou direita (dependendo da preferência do médico) e a orientação posterior esquerda da parede do peito (em todos os casos). O eletrodo anterior era circular e tinha uma superfície ativa com área de 78 cm<sup>2</sup>. O eletrodo posterior era retangular e tinha uma superfície ativa com área de 113 cm<sup>2</sup>.

**Procedimento de Cardioversão:** As diretrizes padrão para anticoagulação de pacientes, recomendados pela American College of Physicians foram adotadas pelo nosso laboratório.<sup>8</sup> Especificamente, pacientes com FA com duração >48 horas foram anticoagulados por um período  $\geq$  3 semanas antes do procedimento de cardioversão ou serem submetidos a ecocardiografia transesofágica, onde nenhuma trombose atrial deixada foi visualizada na presença da anticoagulação terapêutica com varfarina ou heparina intravenosa. Os pacientes foram sedados com metohexital sódico intravenoso ou etomidato, com a monitoração constante da respiração, pressão sangüínea, e pressão parcial transdérmica de oxigênio. Foi fornecido um suporte ventilatório, quando necessário, para manter uma pressão parcial adequada de oxigênio. Em todos os casos, o procedimento foi dirigido pelos eletrofisiologistas na Clínica de Cleveland, e a energia de choque inicial, o posicionamento dos eletrodos anteriores e a magnitude de quaisquer choques subseqüentes variaram de acordo com a preferência do cardiologista da equipe. Não houve nenhum protocolo específico para a seleção inicial dos ajustes de energia, incrementos subseqüentes de energia ou para o número de choques antes do término do procedimento. Pelo menos uma via eletrocardiográfica de superfície foi monitorada durante o procedimento de cardioversão para determinar o ritmo antes e depois do choque. Quando ocorreu uma falha (onda P não perceptível) no ajuste de energia máxima (200J para BR ou 360J para MSA), uma pressão sobre o eletrodo anterior durante a entrega do choque e/ou o reposicionamento desse eletrodo foi realizado antes de outra tentativa. Qualquer uso concomitante de droga antiarrítmica foi anotado. Em raras ocasiões, drogas antiarrítmicas foram dadas depois da falha inicial ou sucesso transiente para produzir um sucesso permanente.

**Análise Estatística:** Todas as variáveis contínuas são expressas desvio padrão médio de  $\pm$ . Comparações de eficácia variada através das formas de ondas, arritmias e outros dados não quantitativos foram realizadas com o teste qui-quadrado. O teste t não pareado foi utilizado para comparar os resultados quantitativos. Análises multivariáveis foram feitas com a regressão linear multivariável. Para todas as comparações, o  $p \leq 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo.

## RESULTADOS

**Características Clínicas:** As características clínicas de todos os pacientes com FA e flutter atrial foram listadas na Tabela 1. A fração de ejeção média, diâmetro do átrio esquerdo, idade e proporção entre homens e mulheres não foram significativamente diferentes entre os grupos correspondentes de FA e flutter atrial. No entanto, houve uma diferença significativa na idade entre homens e mulheres com FA (mulheres eram >3 anos mais velhas), mas essa diferença era a mesma entre os grupos BR e MSA. Essa diferença não era notada no grupo de palpitação atrial. Nós registramos as informações clínicas de 969 pacientes que se submeteram a cardioversão da FA usando a forma de onda BR e 1.259 pacientes dos quais foi utilizada a forma de onda MSA para essa arritmia. Nós também registramos esses dados em 275 pacientes com flutter atrial que foram cardiovertidos com a forma de onda BR e 470 pacientes correspondentes nos quais a forma de onda MSA foi usada. Muitos pacientes tinham a combinação de  $\geq 2$  doenças cardíacas. Uma

**TABELA 1** Características Demográficas e Clínicas dos Pacientes de Todos os Quatro Grupos de Arritmias e Formas de Onda

	Flutter Atrial		Fibrilação Atrial	
	BR	MSA	BR	MSA
Pacientes (n)	305	535	1056	1490
Idade (anos)				
Todos Pacientes	64,5 ± 12,4	65,5 ± 12,3	67,0 ± 12,3	67,4 ± 11,6
Homens	64,3 ± 12,0	65,4 ± 12,1	65,5 ± 12,5	66,1 ± 11,8
Mulheres	64,9 ± 13,4	65,9 ± 12,8	70,5 ± 11,0*	70,1 ± 10,6*
Homens	229 (75,1%)	412 (77,0%)	742 (69,8%)	1027 (68,9%)
Mulheres	76 (24,9%)	123 (23,0%)	321 (30,2%)	463 (31,1%)
Fração de ejeção	0,44 ± 0,15	0,42 ± 0,15	0,45 ± 0,14	0,44 ± 0,15
Diâmetro do átrio esquerdo (mm)	50,4 ± 8,6	47,8 ± 7,9	48,6 ± 9,4	48,5 ± 9,0
Doença cardíaca				
Pacientes (n)	275	470	946	1359
Sem doença estrutural <sup>§</sup>	44 (16,0%)	75 (16,0%)	189 (19,5%) <sup>‡</sup>	216 (15,9%)
Doença coronariana arterial	114 (41,5%)	346 (46,6%)	349 (36%)	547 (40,2%)
Doença cardíaca valvular	100 (36,4%)	283 (36,8%)	321 (33,1%)	487 (38,4%)
Hipertensão	31 (11,3%)	60 (12,8%)	174 (18,0%)	252 (18,5%)
Cardiomiopatia dilatada	18 (6,5%)	28 (6,0%)	90 (9,3%)	112 (8,2%)
Cardiomiopatia hipertrófica	7 (2,5%)	8 (1,7%)	28 (2,9%)	33 (2,4%)

Resultados univariáveis para dados sobre doenças estruturais estão apresentados.

\* p < 0,05, idade para homem contra idade para mulher.

‡ p < 0,05 contra o grupo da forma de onda MSA.

§ A análise multivariável não apresentou diferenças para doenças cardíacas estruturais.

análise de variável única desses dados mostrou que os pacientes com FA no grupo BR tinham uma doença cardíaca estrutural maior (19,5%) do que aqueles do grupo MSA pela análise de variável única (15,9%; p < 0,05). No entanto, o efeito da doença estrutural no resultado da cardioversão não foi confirmado pela análise de multivariáveis de (p = 0,22).

**Duração da Arritmia:** Os dados da duração da arritmia foram apresentados na Tabela 2. Nosso banco de dados registrou uma duração arritmica em 3 categorias, a saber: <2 dias, de 2 a 7 dias e >7 dias. Nós tínhamos os dados completos a respeito da duração de FA em 1.441 procedimentos de BR e 2.014 procedimentos de MSA. Estavam disponíveis os dados correspondentes para 308 pacientes no grupo BR e 590 pacientes no grupo MSA que se submeteram a cardioversão do flutter atrial. Usando a análise de variável única, uma parcela significativa de cardioversões MSA foram realizadas para episódios de FA <2 dias de duração (18%) comparado com o grupo MSA (13,5%; p < 0,05). No entanto, uma análise multivariável falhou em confirmar a duração da arritmia como um fator significativo no sucesso geral da cardioversão (p = 0,08) quando corrigido por outras variáveis. Quando os dados de duração de arritmia para flutter atrial foram analisados, o grupo MSA teve significativamente maior número de pacientes com palpitação atrial que eram <2 dias de duração e significativamente menos pacientes com palpitação atrial >7 dias de duração. Os pacientes com flutter atrial demonstraram a arritmia por um período maior antes da cardioversão do que aqueles do grupo FA.

**Resultado do Procedimento:** Um resultado com sucesso persistente ocorreu em 91,9% das cardioversões de FA no grupo BR e um adicional de 7,2% dos procedimentos produziu um sucesso transiente nas cardioversões. Portanto, a taxa de sucesso em geral para as formas de onda BR foi de 99,1% (1.527 de 1.540). Em comparação, o resultado de choque com forma de onda MSA resultou em sucesso persistente em 87,1% dos procedimentos correspondentes e um adicional de 5,3% foram convertidos somente de forma transiente, resultando em uma taxa de sucesso geral

**TABELA 2** Resultados dos procedimentos de cardioversão e duração de arritmias para pacientes com fibrilação atrial e flutter atrial

	Grupo do Flutter Atrial		Grupo da Fibrilação Atrial	
	BR	MSA	BR	MSA
Resultado da cardioversão				
Procedimentos (n)	337	648	1540	2170
Sucesso permanente	324 (96,1%)	637 (98,3%) <sup>‡</sup>	1416 (91,9%)	1890 (87,1%)*
Sucesso transiente	11 (3,1%) <sup>‡</sup>	10 (1,5%) <sup>‡</sup>	111 (7,2%)	116 (5,3%)*
Falhas	2 (0,8%)	1 (0,2%) <sup>‡</sup>	13 (0,9%)	164 (7,6%)*
Média do nível de energia para sucesso geral (J)	61 ± 46	231 ± 108	96 ± 50	267 ± 82
Médiana do nível de energia para sucesso geral (J)	50	200	100	200
Duração da arritmia (total)				
< 48h	54 (17,5%)	156 (26,4%) <sup>‡</sup>	195 (13,5%)	363 (18,0%)*
2-7 dias	67 (21,7%) <sup>‡</sup>	137 (23,3%) <sup>‡</sup>	189 (13,1%)	287 (14,2%)
> 7 dias	183 (59,4%) <sup>‡</sup>	297 (50,3%)* <sup>‡</sup>	1057 (73,4%)	1364 (67,8%)
Resultados univariáveis para dados sobre duração de arritmias. Veja o texto para detalhes analíticos e discussão.				
* p < 0,05, MSA contra BR (mesmos arritmicos).				
‡ p < 0,01 Flutter atrial contra fibrilação atrial (mesma forma de onda).				

de 92,4% (2.066 de 2.170). A diferença entre as formas de ondas dos grupos foi bastante significativa em todas as comparações dos subgrupos, com menos falhas e maior sucesso na cardioversão persistente e transiente no grupo BR. Essa diferença foi confirmada nas análises de variável única ( $p < 0,001$ ) e variável múltipla ( $p < 0,0001$ ).

A média de energia com sucesso persistente selecionada para a cardioversão da FA usando a forma de onda BR foi de  $93 \pm 49$  J (média de 100) e o valor correspondente para as formas de ondas MSA foi de  $264 \pm 82$  J (média de 200). Para as cardioversões de FA com sucesso transiente, a energia média selecionada foi de  $127 \pm 59$  J (média de 100) para as formas de onda BR e o valor correspondente para MSA foi  $319 \pm 68$  J (média de 360). Nós não realizamos uma análise estatística para comparar a média dos valores de energia entre as duas formas de ondas porque as energias foram selecionadas de uma maneira não sistemática.

Nós relatamos previamente a eficácia superior dos choques simultâneos duplos externos usando a máxima energia de saída de 2 desfibriladores MSA em pacientes dos quais a máxima energia de saída de 360J de um único equipamento falhou.<sup>9</sup> Por causa dos alto níveis de energia incomuns desses procedimentos de cardioversão, esses dados não foram incluídos na análise geral no nosso grupo MSA. No entanto, nós realizamos as cardioversões externas usando a forma de onda BR em 14 desses mesmos pacientes que desenvolveram uma FA recorrente alguns meses depois das cardioversões de 720J com as formas de onda MSA. Em todos os 14 pacientes, nós obtivemos sucesso em converter a FA em um ritmo sinusal usando choques BR de 50 até 200J. As formas de ondas BR e MSA obtiveram um sucesso grande na cardioversão flutter atrial sem uma diferença significativa entre ambos os grupos (Tabela 2). Especificamente, as taxas de sucesso persistente para as formas de ondas BR e MSA foram 96,1% e 98,3% respectivamente. Como esperado, a taxa de sucesso persistente das cardioversões do flutter atrial foram significativamente maiores ( $p < 0,001$ ) do que a cardioversão de FA independente da forma de onda. No entanto, uma porcentagem significativamente menor de procedimentos de cardioversão das palpitações atriais (1,5% até 3,1%) resultaram em um sucesso transiente, comparado com os pacientes de FA (5,3% até 7,6%;  $p < 0,001$ ). A porcentagem de falhas no procedimento de cardioversão foi significativamente maior em pacientes com FA no grupo MSA do que nos pacientes de todos outros subgrupos ( $p < 0,001$ ). O uso de drogas antiarrítmicas, no que tange as taxas de sucesso de cardioversão, não foi significativa na análise de variáveis múltiplas ( $p = 0,06$ ) (Tabelas 3 e 4).

**TABELA 3** Uso de drogas anti arrítmicas nos grupos de fibrilação atrial

	Sucesso Permanete		Sucesso Transiente		Falha		Total	
	MSA	BR	MSA	BR	MSA	BR	MSA	BR
Amiodarona	626 (92,3%)	373 (93,5%)	24 (3,5%)*	21 (5,3%)*	28 (4,1%)	5 (1,2%)	678	399
Bloqueador β	493 (90,1%)	538 (93,6%)	24 (4,4%)	30 (5,2%)	30 (5,5%)	7 (1,2%)	547	575
Sotalol	272 (87,2%)	163 (87,2%)	26 (8,3%)	23 (12,3%)	14 (4,5%)	1 (0,5%)	312	187
Flecainida	189 (88,3%)	147 (92,5%)	12 (5,6%)	11 (6,9%)	13 (6,1%)	1 (0,6%)	214	159
Propafenona	37 (94,9%)	50 (96,2%)	0 (0%)*	2 (3,8%)*	2 (5,1%)	0 (0%)	39	52
Procainamida	104 (88,9%)	34 (89,5%)	10 (8,5%)	3 (7,9%)	3 (2,6%)	1 (2,6%)	117	38
Quinidina	8 (72,7%)	25 (89,3%)	3 (27,3%)	3 (10,7%)	0 (0%)	0 (0%)	11	28
Moricizina	4 (100%)	11 (73,3%)	0 (0%)	1 (6,7%)	0 (0%)	3 (20%)	4	15
Disopiramido	10 (90,9%)	26 (78,8%)	1 (9,1%)	3 (9,1%)	0 (0%)	4 (12,1%)	11	33
Dofetilide	0 (0%)	75 (83,3%)	0 (0%)*	13 (14,4%)	0 (0%)	2 (2,2%)	0	90
Qualquer DAA	1541 (86,5%)	1173 (92%)	92 (5,1%)	91 (7,1%)	145 (8,1%)	11 (0,9%)	1782	1275
Nenhuma	386 (89,4%)	243 (90%)	24 (5,6%)	26 (9,6%)	22 (5,1%)	1 (0,4%)	432	270
Todos os pacientes	1927 (87,2%)	1416 (91,7%)	116 (5,2%)	117 (7,6%)	167 (7,6%)	12 (0,8%)	2210	1545

A combinação das drogas foi utilizada em alguns pacientes.

\*  $p < 0,05$  contra o grupo que não utilizou drogas

DAA = Drogas Anti Arrítmicas

**TABELA 4** Uso de drogas anti arrítmicas nos grupos de flutter atrial

	MSA				Forma de Onda BR			
	Sucesso Permante	Sucesso Transiente	Falha	Total	Sucesso Permante	Sucesso Transiente	Falha	Total
Amiodarona	189 (97,4%)	5 (2,6%)	0 (0%)	194	103 (98,1%)	2 (1,9%)	0 (0%)	105
Bloqueador β	151 (99,3%)	1 (0,7%)	0	152	135 (95,7%)	5 (3,5%)	1 (0,7%)	141
Sotalol	48 (98%)	0	1 (2%)	49	24 (92,3%)	2 (7,7%)	0	26
Flecainida	65 (98,5%)	1 (1,5%)	0	66	23 (92%)	2 (8%)	0	25
Propafenona	21 (100%)	0	0	21	18 (90%)	2 (10%)	0	20
Procainamida	64 (100%)	0	0	64	12 (85,7%)	2 (14,3%)	0	14
Quinidina	7 (100%)	0	0	7	1 (100%)	0	0	1
Moricizina	2 (100%)	0	0	2	0	0	0	0
Disopiramido	9 (100%)	0	0	9	3 (100%)	0	0	3
Dofetilide	0	0	0	0	8 (72,7%)	2 (18,2%)	1 (9,1%)	11
Sem DAA	167 (97,7%)	3 (1,8%)	1 (0,6%)	171	58 (98,3%)	1 (1,7%)	0	59
Todos os pacientes	637 (98,3%)	10 (1,5%)	1 (0,2%)	648	324 (96,1%)	11 (3,3%)	2 (0,6%)	337

Não houve efeitos significativos no uso de DAAs em pacientes de ambos os grupos de formas de ondas, se comparado com pacientes sem DAAs. A combinação das drogas foi utilizada em alguns pacientes. Para aprofundamentos, consulte a tabela 3.

**Eventos Adversos:** Houve 15 eventos adversos registrados durante os procedimentos de cardioversão. Não houve mortes, mas 6 pacientes (5 no grupo MSA e 1 no grupo BR) precisaram de suporte hemodinâmico e/ou agentes pressores após a cardioversão bem sucedida devido a bradicardia ou hipotensão. Seis pacientes (2 no grupo MSA, 2 no grupo BR e 2 nos quais nenhum choque foi entregue) necessitaram de um suporte ventilatório agressivo (entubação endotraqueal ou AMBU) devido à insuficiência respiratória depois de receber a sedação intravenosa. Todos esses 12 pacientes se recuperaram completamente com o tratamento de suporte. Dois pacientes (no grupo BR) desenvolveram fibrilação ventricular depois dos choques de corrente contínua devido à má sincronização dos choques. Esses pacientes foram prontamente desfibrilados sem seqüela. Um paciente registrou um ferimento devido ao manguito rotador depois da cardioversão MSA bem sucedida. Não houve eventos registrados de derrames ou isquemia cerebral transiente dentro

de 30 dias após a cardioversão. No entanto, esses dados podem estar incompletos porque os resultados a longo prazo não são acompanhados no banco de dados do nosso laboratório eletrofisiológico.

## DISCUSSÃO

Nossos resultados confirmaram e estenderam nossos resultados anteriores em estudos menores aleatórios prospectivos que demonstraram a superioridade na forma de onda BR sobre a forma de onda MSA. Mais notável foi a diminuição significativa da manifestação das falhas na cardioversão da FA observada com a forma de onda BR. Os resultados dos nossos procedimentos de cardioversão do flutter atrial mostraram que a cardioversão elétrica externa é bem sucedida nesse tipo de arritmia, independente da forma de onda utilizada.

Outro desfibrilador recentemente aprovado, de forma de onda bifásica usa uma forma de onda bifásica exponencial truncada, também se mostrou superior nas formas de ondas MSA na conversão de FA para  $\geq 30$  segundos após o choque.<sup>10</sup> Essas duas formas de ondas são distintas, no entanto, somente a forma de onda BR foi utilizada nesse estudo. Nesse estudo, nós relatamos as taxas de sucesso transiente para a cardioversão de FA com as 2 formas de ondas e para o flutter atrial, que não havia sido registrada anteriormente. Nós não observamos nenhuma diminuição significativa na proporção de pacientes com FA que tiveram sucesso transiente após os choques BR comparado com aqueles que receberam os choques MSA, mas nós encontramos uma porcentagem significativamente menor de manifestações de falhas com a forma de onda BR. Nossos resultados mostraram uma proporção significativamente maior de pacientes com sucessos transientes, somados com os de sucessos persistentes, com as formas de ondas BR. De qualquer forma, o aumento relativo das cardioversões com sucesso transiente no grupo BR pode ser explicado pela redução em geral das falhas de cardioversão, pois a porcentagem de cardioversões com sucesso persistente também aumentou no grupo BR.

**Agradecimentos:** Nós agradecemos a enfermeira Dianna Bash, por sua assistência vital no gerenciamento de dados dos pacientes e Sawn Marion-Phillips por sua assistência de secretária especializada no preparo desse relatório.

1. Lown B, Amarasingham R, Newman J. New method for terminating cardiac arrhythmias; use of synchronizes capacitor discharge, JAMA 1962;182:548-555.
2. Lown B, Perloth MG, Kaidbey S, Abe T, Harken DW. "Cardioversion" of atrial fibrillation: a report on the treatment of 65 episodes in 50 patients. N Engl J Med 1963;269:325-331.
3. Hagemeyer F, Van Houwe E. Titrated energy cardioversion of patients on digitalis. Br Heart J 1975;37:1303-1307.
4. Lundström T, Rydén L. Chronic atrial fibrillation. Aeta Med Scand 1988;223:53-59.
5. Van Gelder IC, Crijns HJ, Van Gilst WH, Verwer R, Lie KJ. Prediction of uneventful cardioversion and maintenance of sinus rhythm from direct current electrical cardioversion of chronic atrial fibrillation and flutter. Am J Cardiol 1991;68:41-46.
6. Van Gelder IC, Crijns HJ, Tielman RG, Brugeman J, de Kam PJ, Gosselink ATM, Verheugt FWA, Lie KI. Chronic atrial fibrillation: success of serial cardioversion therapy and safety of oral anticoagulation. Arch Intern Med 1996;156:2585-2592.
7. Mittal S, Ayati S, Stein KM, Schwartzmann D, Cavlovich D, Tchou PJ, Markowitz SM, Slotwiner DJ, Scheiner MA, Lerman BB. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks. Circulation 2000;101:1282-1287.
8. Albers GW, Dalen JE, Laupacis A, Manning W, Petersen P, Singer D. Antithrombotic therapy in atrial fibrillation, Chest 2001;119:194S-206S.
9. Saliba W, Juratli N, Chung MK, Niebauer MJ, Erdogan O, Trohman R, Wilkoff BL, Augustini R, Mowrey KA, Nadzam GR, Tchou PJ. Higher energy synchronized external direct current cardioversion for refractory atrial fibrillation. K Am Collo Cardiol 1999;34:2031-2034.
10. Page RL, Kerber RE, Russel JK, Trouton T, Wakare J, Gallik D, Olgin JE, Ricard P, Dalzell GW, Reddy R e outros. Biphasic versus monophasic waveform for cardioversion of atrial fibrillation. J Am Coll Cardiol 2002 2002;39:1956-1963.

# Comparison of the Rectilinear Biphasic Waveform With the Monophasic Damped Sine Waveform for External Cardioversion of Atrial Fibrillation and Flutter

Mark J. Niebauer, PhD, MD, James E. Brewer, MS, Mina K. Chung, MD, and Patrick J. Tchou, MD

External cardioversion using the monophasic damped sine (MDS) waveform is successful 70% to 94% of the time when using up to 360 J. The rectilinear biphasic (RLB) defibrillator has been shown to be superior in efficacy to the MDS waveform in atrial cardioversion in a small randomized study. This larger, retrospective study compares the results of the RLB waveform with those of the MDS waveform for cardioversion of atrial fibrillation (AF) and atrial flutter in a large cohort of patients. We performed 1,877 external cardioversion procedures in 1,361 patients for AF and atrial flutter by using the RLB defibrillator. We compared these results with those of the MDS defibrillator in 2,025 patients who underwent 2,818 cardioversion procedures. The overall success rates for the RLB defibrillator were 99.1% for AF and 99.2% for atrial flutter, and the corresponding suc-

cess rates for the MDS defibrillator were 92.4% and 99.8% ( $p < 0.001$ ; RLB superior for AF). The median overall successful energy level for the MDS waveform was 200 J, whereas the corresponding RLB energy level was 100 J. Multivariate analyses demonstrated that underlying clinical conditions or use of antiarrhythmic drugs does not significantly affect overall success rates. Our results from >4,000 procedures confirmed and extended those of the previous report by showing a very high success rate for cardioversion of AF and atrial flutter using the RLB waveform. The MDS waveform was equally effective for atrial flutter but significantly less effective in terminating AF. ©2004 by Excerpta Medica, Inc.

(Am J Cardiol 2004;93:1495-1499)

Since its introduction in 1962 by Lown et al,<sup>1</sup> external direct-current cardioversion has been the method of choice<sup>2</sup> for terminating atrial fibrillation (AF) and atrial flutter. This method is safe and 70% to 94% effective<sup>3-8</sup> when the conventional monophasic damped sine (MDS) shock waveform is used (Figure 1). An external defibrillator has been developed that delivers a rectilinear biphasic (RLB) waveform (Figure 1). This defibrillator, manufactured by Zoll Corp. (Burlington, Massachusetts), was approved based on a randomized comparison with the MDS waveform in a small prospective, multicenter trial.<sup>1</sup> The trial demonstrated that RLB shocks, using a set energy up to 170 J, are significantly more effective than MDS waveform shocks of up to 360 J for the external cardioversion of AF. Since acquiring the RLB defibrillator early after its release in 1999, we have used it for cardioversion of AF in a larger sample of patients with AF and atrial flutter. Patients with AF and atrial flutter had not been evaluated in the previous study.<sup>7</sup> We then

retrospectively compared the RLB results with our previous MDS waveform cardioversion results to assess differences in effectiveness in achieving transient, persistent, and overall successful cardioversion to sinus rhythm.

## METHODS

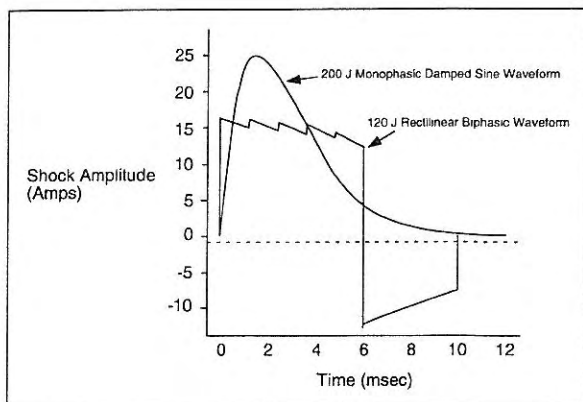
This study was a retrospective trial that evaluated the results of external transthoracic electrical cardioversion using the RLB waveform in a general clinical setting. The study was reviewed and approved by the institutional review board of the Cleveland Clinic (Cleveland, Ohio).

From October 1999 to September 2001, there were 1,056 patients (outpatients and inpatients) who underwent 1,503 external cardioversion procedures for AF with a RLB defibrillator in our electrophysiologic laboratory. During this same period, we performed 337 cardioversion procedures in 305 patients for atrial flutter using the RLB waveform. Hence, 1,361 patients underwent 1,877 cardioversion procedures with the RLB defibrillator. The results of all RLB cardioversion procedures were reviewed to determine the overall efficacy of this waveform in our large clinical population. We compared the overall success rate of RLB shocks with that of our previous cardioversion study in 2,025 patients (1,490 for AF and 535 for atrial flutter) who underwent 2,848 external cardioversions

From the Department of Cardiovascular Medicine, Cleveland Clinic Foundation, Cleveland, Ohio; the Section of Cardiology, University of Nebraska Medical Center, Omaha, Nebraska; and Zoll Medical, Burlington, Massachusetts. Manuscript received November 19, 2003; revised manuscript received and accepted March 2, 2004.

Address for reprints: Mark J. Niebauer, PhD, MD, Department of Internal Medicine, Section of Cardiology, 982265 Nebraska Medical Center, Omaha, Nebraska 68198-2265. E-mail: mniebaue@unmc.edu.





**FIGURE 1.** The current profile of the first phase of the RLB waveform is relatively flat compared with the higher current peak value seen with the MSD waveform.

(2,200 for AF and 648 for atrial flutter) using an MDS waveform defibrillator from August 1996 to September 1999. The MDS defibrillator delivered up to 360 J, and the RLB defibrillator delivered up to 200 J (in contrast to the device used in the seminal clinical study by Mittal et al<sup>7</sup> in which a maximum of 170 J was available).

**Definitions:** Overall shock success was defined as conversion to a sinus atrioventricular junctional rhythm with retrograde P waves or as paced atrial rhythm immediately after the shock with  $\geq 1$  identifiable atrial depolarization. This confirmed the termination of ongoing atrial reentry. If AF was not present when the patient left the laboratory (usually 15 to 30 minutes after the shock), we termed the procedure a "persistent success." However, AF or atrial flutter did recur in  $< 10\%$  of patients before leaving the laboratory despite additional shocks with transient conversion from the presenting dysrhythmia in some cases. In those cases in which the patient left the laboratory in AF or atrial flutter after an initially successful shock, we termed the procedure a "transient success." Recent publications have addressed the phenomenon of AF recurrence after cardioversion. The term "immediate recurrence" of AF is now used generally to describe a recurrence that occurs within 1 to 2 minutes after cardioversion, and "subacute recurrence" describes a recurrence 2 minutes to 2 weeks after successful cardioversion. Unfortunately, much of our data preceded these definitions, and review of the patient procedure records was unclear, in most cases, as to precisely when AF recurred before patient dismissal from our electrophysiologic laboratory. Hence, our transient success procedures include all immediate recurrence and early subacute recurrence procedures. "Overall success" was defined as the sum of the transient and persistent success rates for a given arrhythmia and waveform, signifying shock effectiveness. If we were unable to terminate the arrhythmia to even a single organized atrial beat, the procedure was termed a "failure." To confirm whether a procedural result is accurately reported, our database records this result in 3 different fields: the final procedural result field, a

second field reporting the final heart rhythm, and a third field reporting the result after each shock to the patient. Any conflicts were resolved by review of the patient's chart, where initial and final rhythm strips are saved, and the written summary of the procedure. In the very rare cases in which failure and transient success could not be resolved by review of the database or the chart, a failure was reported.

**Shock waveforms:** The RLB waveform was generated with an external RLB defibrillator (Zoll Series Biphasic Defibrillator, Zoll Corp.). The waveform was generated by a 115- $\mu$ F capacitive discharge, comprising an essentially constant-current 6-ms first phase and a truncated, exponential 4-ms second phase (Figure 1). The amplitude of the phases changed with the selected energy, up to a maximum of 200 J. The MDS waveform shocks were delivered from a Zoll PD-1200 defibrillator, which delivers up to 360 J of energy.

**Shock electrodes:** Adhesive pads for external cardioversion (Zoll Cardiology Specialty Pad) were used to deliver the RLB and MDS shocks delivered from the corresponding Zoll defibrillators. These electrode patches were positioned in a left or right anterior orientation (depending on the physician's preference) and left posterior chest wall orientation (in all cases). The anterior electrode was circular and had an active surface area of 78 cm<sup>2</sup>. The posterior electrode was rectangular and had an active surface area of 113 cm<sup>2</sup>.

**Cardioversion procedure:** The standard guidelines for anticoagulation of patients recommended by the American College of Physicians were adhered to in our laboratory.<sup>8</sup> Specifically, patients with AF  $> 48$  hours' duration were anticoagulated for  $\geq 3$  weeks before the cardioversion procedure or underwent transesophageal echocardiography, where no left atrial thrombus was visualized in the presence of therapeutic anticoagulation with warfarin or intravenous heparin. Patients were sedated with intravenous sodium methohexital or etomidate, with constant monitoring of respiration, blood pressure, and transdermal partial pressure of oxygen. Ventilatory support was provided, if needed, to maintain an adequate partial pressure of oxygen. In all cases, the procedure was directed by electrophysiologists at the Cleveland Clinic, and the initial shock energy, anterior patch positions, and magnitude of any subsequent shocks varied according to the preferences of the staff cardiologist. There was no specific protocol for selection of the initial energy setting or for any subsequent energy steps or number of shocks before termination of the procedure. At least 1 surface electrocardiographic lead was monitored throughout the cardioversion procedure to determine rhythm before and after shock. When failure (no discernible P wave) occurred at the maximum set energy (200 J for RLB or 360 J for MDS), then pressure over the anterior patch during shock delivery and/or repositioning of that patch was performed before another attempt. Any concomitant use of antiarrhythmic drugs was noted. In rare instances, intravenous antiarrhythmic drugs were given after initial failure or transient success to produce a persistent success.

**TABLE 1** Demographics and Clinical Characteristics of Patients in All Four Arrhythmia and Waveform Groups

	Atrial Flutter		AF	
	RLB	MDS	RLB	MDS
Patients (n)	305	535	1,056	1,490
Age (yrs)				
All patients	64.5 ± 12.4	65.5 ± 12.3	67.0 ± 12.3	67.4 ± 11.6
Men	64.3 ± 12.0	65.4 ± 12.1	65.5 ± 12.5	66.1 ± 11.8
Women	64.9 ± 13.4	65.9 ± 12.8	70.5 ± 11.0*	70.1 ± 10.6*
Men	229 (75.1%)	412 (77.0%)	742 (69.8%)	1,027 (68.9%)
Women	76 (24.9%)	123 (23.0%)	321 (30.2%)	463 (31.1%)
Ejection fraction	0.44 ± 0.15	0.42 ± 0.15	0.45 ± 0.14	0.44 ± 0.15
Left atrial diameter (mm)	50.4 ± 8.6	47.8 ± 7.9	48.6 ± 9.4	48.5 ± 9.0
Heart disease				
Patients (n)	275	470	969	1,359
No structural disease <sup>†</sup>	44 (16.0%)	75 (16.0%)	189 (19.5%) <sup>†</sup>	216 (15.9%)
Coronary artery disease	114 (41.5%)	346 (46.6%)	349 (36.0%)	547 (40.2%)
Valvular heart disease	100 (36.4%)	283 (36.8%)	321 (33.1%)	487 (38.4%)
Hypertensive heart disease	31 (11.3%)	60 (12.8%)	174 (18.0%)	252 (18.5%)
Dilated cardiomyopathy	18 (6.5%)	28 (6.0%)	90 (9.3%)	112 (8.2%)
Hypertrophic cardiomyopathy	7 (2.5%)	8 (1.7%)	28 (2.9%)	33 (2.4%)

Univariate results for structural disease data are shown.  
 \*p < 0.05, age for men versus age for women.  
<sup>†</sup>p < 0.05 versus MDS waveform group.  
<sup>‡</sup>Multivariate analysis showed no differences for structural heart disease.

**TABLE 2** Cardioversion Procedure Results and Arrhythmia Duration for Patients With Atrial Fibrillation and Atrial Flutter

	Atrial Flutter Group		AF Group	
	RLB	MDS	RLB	MDS
Cardioversion outcome				
Procedures (n)	337	648	1,540	2,170
Persistently successful	324 (96.1%)	637 (98.3%) <sup>†</sup>	1,416 (91.9%)	1,890 (87.1%)*
Transiently successful	11 (3.1%) <sup>†</sup>	10 (1.5%) <sup>†</sup>	111 (7.2%)	116 (5.3%)*
Failure	2 (0.8%)	1 (0.2%) <sup>†</sup>	13 (0.9%)	164 (7.6%)*
Mean overall successful energy level (J)	61 ± 46	231 ± 108	96 ± 50	267 ± 82
Median overall successful energy level (J)	50	200	100	200
Arrhythmic duration (total)	308	590	1,441	2,014
<48 h	54 (17.5%)	156 (26.4%) <sup>†</sup>	195 (13.5%)	363 (18.0%)*
2-7 days	67 (21.7%) <sup>†</sup>	137 (23.3%) <sup>†</sup>	189 (13.1%)	287 (14.2%)
>7 days	183 (59.4%) <sup>†</sup>	297 (50.3%)* <sup>†</sup>	1,057 (73.4%)	1,364 (67.8%)

Univariate analysis results are shown for the arrhythmic duration data. See text for analysis details and discussion.  
 \*p < 0.05, MDS versus RLB (same arrhythmic).  
<sup>†</sup>p < 0.01, atrial flutter versus AF (same waveform).

**Statistical analysis:** All continuous variables are expressed as mean ± SD. Univariate efficacy comparisons across waveforms, arrhythmias, and other non-quantitative data were performed with the chi-square test. Unpaired *t* test was used to compare quantitative results. Multivariate analysis of clinical characteristics was performed with multivariate linear regression. For all comparisons, p ≤ 0.05 was considered statistically significant.

## RESULTS

**Clinical characteristics:** The clinical characteristics of all patients with AF and atrial flutter are listed in Table 1. Mean ejection fraction, left atrial diameter,

age, and proportions of men and women were not significantly different between the corresponding AF and atrial flutter groups. However, there was a significant difference in age between men and women with AF (women were >3 years older), but this difference was the same for RLB and MDS groups. This difference was not seen in the atrial flutter group.

We recorded clinical disease information in 969 patients who underwent cardioversion for AF using the RLB waveform and 1,359 patients in whom the MDS waveform was used for that arrhythmia. We also recorded these data in 275 patients with atrial flutter who were cardioverted with the RLB waveform and 470 corresponding patients in whom the MDS waveform was used. Many patients had a combination of ≥2 cardiac diseases. Univariate analysis of these data showed that patients with AF in the RLB group had more structural heart disease (19.5%) than did those in the MDS group by univariate analysis (15.9%; p < 0.05). However, the effect of structural disease on cardioversion outcome was not confirmed by multivariate analysis of (p = 0.22).

**Arrhythmia duration:** The arrhythmia duration data are presented in Table 2. Our database recorded arrhythmic duration as 3 categories, if known: <2 days, 2 to 7 days, and >7 days. We had complete data concerning AF duration in 1,441 RLB procedures and 2,014 MDS procedures. Corresponding data were available for 308 patients in the RLB group and 590 patients in the MDS group who underwent cardioversion for atrial flutter. Using univariate analysis, significantly more MDS cardioversions were performed for episodes of AF <2 days in duration

(18.0%) compared with the RLB group (13.5%; p < 0.05). However, multivariate analysis failed to confirm arrhythmia duration as a significant factor in overall cardioversion success (p = 0.08) when corrected for other variables. When the arrhythmia duration data for atrial flutter were analyzed, the MDS group had significantly more patients with atrial flutter that was <2 days in duration and significantly fewer patients with atrial flutter >7 days in duration. Patients with atrial flutter demonstrated the arrhythmia for a longer period before cardioversion than did those with AF.

**Procedural outcome:** A persistently successful result occurred in 91.9% of RLB cardioversions for AF,

**TABLE 3** Antiarrhythmic Drug Use in the Atrial Fibrillation Groups

	Persistent Success		Transient success		Failure		Total	
	MDS	RLB	MDS	RLB	MDS	RLB	MDS	RLB
Amiodarone	626 (92.3%)	373 (93.5%)	24 (3.5%)*	21 (5.3%)*	28 (4.1%)	5 (1.2%)	678	399
β Blocker	493 (90.1%)	538 (93.6%)	24 (4.4%)	30 (5.2%)	30 (5.5%)	7 (1.2%)	547	575
Sotalol	272 (87.2%)	163 (87.2%)	26 (8.3%)	23 (12.3%)	14 (4.5%)	1 (0.5%)	312	187
Flecainide	189 (88.3%)	147 (92.5%)	12 (5.6%)	11 (6.9%)	13 (6.1%)	1 (0.6%)	214	159
Propafenone	37 (94.9%)	50 (96.2%)	0 (0%)*	2 (3.8%)*	2 (5.1%)	0 (0%)	39	52
Procainamide	104 (88.9%)	34 (89.5%)	10 (8.5%)	3 (7.9%)	3 (2.6%)	1 (2.6%)	117	38
Quinidine	8 (72.7%)	25 (89.3%)	3 (27.3%)	3 (10.7%)	0 (0%)	0 (0%)	11	28
Moricizine	4 (100%)	11 (73.3%)	0 (0%)	1 (6.7%)	0 (0%)	3 (20%)	4	15
Disopyramide	10 (90.9%)	26 (78.8%)	1 (9.1%)	3 (9.1%)	0 (0%)	4 (12.1%)	11	33
Dofetilide	0 (0%)	75 (83.3%)	0 (0%)*	13 (14.4%)*	0 (0%)	2 (2.2%)	0	90
Any AAD	1,541 (86.5%)	1,173 (92%)	92 (5.1%)	91 (7.1%)	145 (8.1%)	11 (0.9%)	1,782	1,275
None	386 (89.4%)	243 (90%)	24 (5.6%)	26 (9.6%)	22 (5.1%)	1 (0.4%)	432	270
All patients	1,927 (87.2%)	1,416 (91.7%)	116 (5.2%)	117 (7.6%)	167 (7.6%)	12 (0.8%)	2,210	1,545

Combinations of drugs were used in some patients.  
 \*p <0.05 versus no-drug group.  
 AAD = antiarrhythmic drug

**TABLE 4** Antiarrhythmic Drug Use in the Atrial Flutter Groups

	MDS				RLB Waveform			
	Persistent Success	Transient Success	Failure	Total	Persistent Success	Transient Success	Failure	Total
Amiodarone	189 (97.4%)	5 (2.6%)	0 (0%)	194	103 (98.1%)	2 (1.9%)	0 (0%)	105
β Blocker	151 (99.3%)	1 (0.7%)	0	152	135 (95.7%)	5 (3.5%)	1 (0.7%)	141
Sotalol	48 (98%)	0	1 (2%)	49	24 (92.3%)	2 (7.7%)	0	26
Flecainide	65 (98.5%)	1 (1.5%)	0	66	23 (92%)	2 (8%)	0	25
Propafenone	21 (100%)	0	0	21	18 (90%)	2 (10%)	0	20
Procainamide	64 (100%)	0	0	64	12 (85.7%)	2 (14.3%)	0	14
Quinidine	7 (100%)	0	0	7	1 (100%)	0	0	1
Moricizine	2 (100%)	0	0	2	0	0	0	0
Disopyramide	9 (100%)	0	0	9	3 (100%)	0	0	3
Dofetilide	0	0	0	0	8 (72.7%)	2 (18.2%)	1 (9.1%)	11
No AAD	167 (97.7%)	3 (1.8%)	1 (0.6%)	171	58 (98.3%)	1 (1.7%)	0	59
All patients	637 (98.3%)	10 (1.5%)	1 (0.2%)	648	324 (96.1%)	11 (3.3%)	2 (0.6%)	337

There were no significant effects of AADs use in patients of either waveform group compared with patients without AADs. Combinations of drugs were used in some patients. See Table 3 for abbreviation.

and an additional 7.2% of the procedures produced transiently successful cardioversion. Hence, the overall success rate for the RLB waveform was 99.1% (1,527 of 1,540). In comparison, MDS waveform shocks resulted in persistent success in 87.1% of corresponding procedures, and an additional 5.3% were converted only transiently, resulting in an overall success rate of 92.4% (2,006 of 2,170). The difference between waveform groups was highly significant in all result subgroup comparisons, with fewer failures and more persistently and transiently successful cardioversions in the RLB group. This difference was confirmed in the univariate (p <0.001) and multivariate (p <0.0001) analyses.

The average persistently successful energy selected for cardioversion of AF using the RLB waveform was 93 ± 49 J (median 100), and the corresponding value for the MDS waveform was 264 ± 82 J (median 200). For transiently successful cardioversions of AF, the average energy selected was 127 ± 59 J (median 100) for the RLB waveform and the corresponding MDS value was 319 ± 68 J (median 360). We did not perform a statistical analysis to compare the average

energy values between the 2 waveforms because the energies were selected in a nonsystematic manner.

We previously reported the superior efficacy of dual simultaneous external shocks using maximum output of 2 MDS waveform defibrillators in patients in whom the maximum 360-J output of a single device had failed.<sup>9</sup> Because of the unusually high energies of those cardioversion procedures, those data were not included in the overall analysis in our MDS group. However, we performed external cardioversions using the RLB waveform in 14 of those same patients who had developed recurrent AF some months after the previous 720-J cardioversions with the MDS waveform. In all 14 patients, we succeeded in converting AF to sinus rhythm using 50- to 200-J RLB shocks.

The RLB and MDS waveforms were highly successful in cardioversion of atrial flutter, with no significant difference between groups (Table 2). Specifically, the persistent success rates for the RLB and MDS waveforms were 96.1% and 98.3%, respectively. As expected, the persistent success rate of atrial flutter cardioversion was significantly greater (p <0.001) than that of AF cardioversion regardless of

waveform. However, a significantly smaller percentage of atrial flutter cardioversion procedures (1.5% to 3.1%) resulted in transient success, compared with the AF patients (5.3% to 7.6%;  $p < 0.001$ ). The percentage of cardioversion procedural failures was significantly greater in patients with AF in the MDS group than in patients in all other arrhythmic subgroups ( $p < 0.001$ ). The use of antiarrhythmic drugs on the overall cardioversion success rate was not significant by multivariate analysis ( $p = 0.06$ ) (Tables 3 and 4).

**Adverse events:** There were 15 adverse events recorded during all cardioversion procedures. There were no deaths, but 6 patients (5 in the MDS group and 1 in the RLB group) required hemodynamic support and/or pressors after successful cardioversion due to bradycardia and hypotension. Six patients (2 in the MDS group, 2 in the RLB group, and 2 in whom no shocks were delivered) required aggressive ventilatory support (endotracheal intubation or bag mask) due to respiratory insufficiency after receiving intravenous sedation. All 12 of these patients recovered completely with supportive treatment. Two patients (in the RLB group) developed ventricular fibrillation after direct-current shock due to poor synchronization of the shock. These patients were promptly defibrillated without sequelae. One patient reported a rotator cuff injury after successful MDS cardioversion. There were no strokes or transient ischemic cerebral events reported within 30 days after cardioversion. However, these data may be incomplete because long-term results are not routinely followed in our electrophysiologic laboratory database.

## DISCUSSION

Our results confirmed and extended our previous results in the smaller, prospective, randomized study, which demonstrated the superiority of the RLB waveform over the MDS waveform. Most striking was the significant decrease in overt failures for cardioversion of AF observed with the RLB waveform. The results of our cardioversion procedures for atrial flutter showed that external electrical cardioversion is highly successful in this type of arrhythmia, regardless of the waveform used.

Another, recently approved biphasic waveform defibrillator uses a truncated exponential biphasic waveform and has also been shown to be superior to the MDS waveform in conversion from AF for  $\geq 30$  sec-

onds after the shock.<sup>10</sup> These 2 waveforms are distinct, however, and only the RLB waveform defibrillator was used in this study. In this study, we reported the transient success rates for AF cardioversion with the 2 waveforms and for atrial flutter, which have not been previously reported. We saw no significant decrease in the proportion of patients with AF who had transient success after RLB shocks compared with those receiving MDS shocks, but we found a significantly smaller percentage of overt failures with the RLB waveform. Our results showed a significantly larger proportion of patients with transient successes in addition to persistent successes with the RLB waveform. However, the relative increase in transiently successful cardioversions in the RLB group can be explained by the overall reduction in cardioversion failures because the percentage of persistently successful cardioversions also increased in the RLB group.

**Acknowledgment:** We thank Dianna Bash, RN, for vital assistance in patient data management and Sawn Marion-Phillips for expert secretarial assistance in preparing this report.

1. Lown B, Amarasingham R, Newman J. New method for terminating cardiac arrhythmias: use of synchronized capacitor discharge. *JAMA* 1962;182:548-555.
2. Lown B, Perloth MG, Kaidbey S, Abe T, Harken DW. "Cardioversion" of atrial fibrillation: a report on the treatment of 65 episodes in 50 patients. *N Engl J Med* 1963;269:325-331.
3. Hagemeyer F, Van Houwe E. Titrated energy cardioversion of patients on digitalis. *Br Heart J* 1975;37:1303-1307.
4. Lundström T, Rydén L. Chronic atrial fibrillation. *Acta Med Scand* 1988;223:53-59.
5. Van Gelder IC, Crijns HJ, Van Gilst WH, Verwer R, Lie KI. Prediction of uneventful cardioversion and maintenance of sinus rhythm from direct current electrical cardioversion of chronic atrial fibrillation and flutter. *Am J Cardiol* 1991;68:41-46.
6. Van Gelder IC, Crijns HJ, Tielman RG, Brugeman J, de Kam PJ, Gosselink ATM, Verheugt FWA, Lie KI. Chronic atrial fibrillation: success of serial cardioversion therapy and safety of oral anticoagulation. *Arch Intern Med* 1996;156:2585-2592.
7. Mittal S, Ayati S, Stein KM, Schwartzmann D, Cavlovich D, Tchou PJ, Markowitz SM, Slotwiner DJ, Scheiner MA, Lerman BB. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks. *Circulation* 2000;101:1282-1287.
8. Albers GW, Dalen JE, Laupacis A, Manning W, Petersen P, Singer D. Antithrombotic therapy in atrial fibrillation. *Chest* 2001;119:194S-206S.
9. Saliba W, Juratli N, Chung MK, Niebauer MJ, Erdogan O, Trohman R, Wilkoff BL, Augostini R, Mowrey KA, Nadzam GR, Tchou PJ. Higher energy synchronized external direct current cardioversion for refractory atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:2031-2034.
10. Page RL, Kerber RE, Russell JK, Trouton T, Wakare J, Gallik D, Olgin JE, Ricard P, Dalzell GW, Reddy R, et al. Biphasic versus monophasic waveform for cardioversion of atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1956-1963.

## **Rectilinear Biphasic Defibrillation Of Patients With Weight Greater Than 100 Kg**

M Niebauer, J Brewer, Section of Cardiology, University of Nebraska Medical Center, Omaha, NE

**Background.** A retrospective study that compared the results of the rectilinear biphasic waveform (RLB) to the monophasic damped sine waveform for cardioversion of atrial fibrillation (AF) was reported previously by the investigators. In that study, there were 1877 external cardioversion procedures in 1361 patients. A subgroup analysis was performed to examine shock efficacy for the RLB waveform with respect to patient weight.

**Methods and Results.** The analysis was performed using AF patients who were cardioverted using the RLB waveform and had a recorded weight. There were 140 AF patients meeting these criteria, with an average weight of  $89.5 \pm 24.1$  Kg (range: 45 to 194 Kg). The AF patient group was 78% male,  $63 \pm 13$  years, and had a mean ejection fraction (EF) of  $0.48 \pm 0.14$ . These patients were converted with the RLB waveform using an average energy of 73 joules. In the subgroup of patients weighing more than 135 Kg (300 pounds), the average weight of these obese patients was 155 Kg, with the most obese patient weighing 194 Kg; transthoracic impedance in this subgroup was  $105 \pm 17$  ohms. The RLB waveform achieved a 100% success rate for cardioversion with patients weighing over 135 Kg with an average energy of 163 joules (out of a maximum energy output of 200 joules), and a delivered current of  $16 \pm 3$  amperes.

**Conclusions.** The RLB was shown to successfully cardiovert patients weighing over 135 Kg (300 pounds) with a mean energy reserve of 37 joules. In a defibrillator employing an impedance compensation method to improve efficacy with obese patients, the predominant factors for success are increased defibrillation voltage and a concomitant maximizing of defibrillation current.