



# LA REVUE DES SAMU

*Médecine d'Urgence*

## CARDIOVERSION TRANSTHORACIQUE DE LA FIBRILLATION AURICULAIRE

### Comparaison d'une onde biphasique rectiligne et d'une onde monophasique sinusoïde amortie

Suneet Mittal (MD), Shervin Ayati (MSEE), Kenneth M. Stein (MD),  
David Schwartzman (MD), Doris Cavlovich (RN, BSN),  
Patrick. J. Tchou (MD), Steven M. Markowitz (MD), David J. Slotwiner (MD),  
Marc A. Scheiner (MD), Bruce B. Lerman (MD)

Traduit de CIRCULATION. Vol. 101 N° 11 mars 2000 : 1282-1287  
Copyright © 2000 par American Heart Association  
Publié par Lippincott Williams & Wilkins

# CARDIOVERSION TRANSTHORACIQUE DE LA FIBRILLATION AURICULAIRE

## Comparaison d'une onde biphasique rectiligne et d'une onde monophasique sinusoïde amortie

Suneet Mittal (MD), Shervin Ayati (MSEE), Kenneth M. Stein (MD),  
David Schwartzman (MD), Doris Cavlovich (RN, BSN),  
Patrick. J. Tchou (MD), Steven M. Markowitz (MD), David J. Slotwiner (MD),  
Marc A. Scheiner (MD), Bruce B. Lerman (MD)

### RÉSUMÉ

*Historique* : Des études cliniques ont démontré que pour la défibrillation ventriculaire le choc biphasique est plus efficace que le choc monophasique. L'objectif de cette étude était de comparer l'efficacité d'une onde biphasique rectiligne avec une onde monophasique sinusoïde amortie standard pour une cardioversion transthoracique d'une fibrillation auriculaire.

*Méthodes et résultats* : Dans cette étude prospective randomisée et multicentrique, les patients soumis à une cardioversion transthoracique pour une fibrillation auriculaire ont été randomisés pour recevoir un choc soit avec une onde monophasique sinusoïde amortie soit avec une onde biphasique rectiligne. Les patients randomisés dans le protocole monophasique (n=77) recevaient des séquences de chocs de 100, 200, 300 et 360 J. Les patients randomisés dans le protocole biphasique (n=88) recevaient des séquences de chocs de 70, 120, 150 et 170 J.

L'efficacité du premier choc à 70 J de la forme d'onde biphasique (60 patients sur 88, soit 68 %) était de façon significative supérieure à celui de l'onde monophasique à 100 J (16 patients sur 77, soit 21 % p<0,0001) et a été obtenue avec un courant délivré 50 % plus faible (11 ± 1 vs 22 ± 4 A, p<0,0001). L'efficacité cumulative de la forme d'onde biphasique (85 patients sur 88, soit 94 %) était également supérieure à celle de la forme d'onde monophasique (61 patients sur 77, soit 79 %, p=0,005). Les trois variables suivantes étaient indépendamment associées avec un succès de la cardioversion : utilisation d'une forme d'onde biphasique (risque relatif : 4,2, intervalles de confiance 95 %, 1,3 à 13,9 ; p=0,02), impédance transthoracique (risque relatif : 0,64 pour 10 Ω d'augmentation d'impédance, intervalle de confiance 95 %, 0,46 à 0,90 ; p=0,0005) et durée de la fibrillation auriculaire (risque relatif 0,97 pour 30 jours de fibrillation auriculaire, intervalle de confiance 95 %, 0,96 à 0,99 ; p=0,02).

*Conclusions* : Le choc biphasique rectiligne a une efficacité supérieure (et nécessite moins d'énergie) que le choc de l'onde monophasique sinusoïde amortie pour la cardioversion de la fibrillation auriculaire (**Circulation. 2000 ; 101 : 1282-1287**).

**Mots-clés** : Cardioversion - Fibrillation auriculaire - Choc.

La fibrillation auriculaire est l'arythmie clinique soutenue la plus communément rencontrée (1). Depuis son introduction, il y a 3 décennies, la cardioversion électrique transthoracique s'est avérée la méthode la plus efficace pour réduire une fibrillation auriculaire (2). Cependant, les défibrillateurs généralement disponibles emploient une forme d'onde monophasique sinusoïde amortie qui n'est efficace que sur moins de 80 % des patients (3-6).

De nombreuses études ont démontré que la forme d'onde biphasique est d'une efficacité supérieure à celle de la forme d'onde monophasique pour la défibrillation interne (7-12). Plus récemment, des études sur la défibrillation ventriculaire transthoracique ont également démontré que, en comparaison du choc monophasique, le choc biphasique est aussi efficace, nécessite moins d'énergie (13,14) et implique moins de dysfonctions myocardiques ultérieures (13,15-17). Afin de déterminer si une forme d'onde biphasique peut permettre une plus grande efficacité avec moins d'énergie pendant la cardioversion transthoracique d'une fibrillation auriculaire, nous avons comparé l'efficacité d'une forme d'onde monophasique sinusoïde amortie standard avec une forme d'onde biphasique rectiligne sur des patients soumis à une cardioversion transthoracique d'une fibrillation auriculaire.

### Population

Cette étude était une enquête prospective, randomisée et multicentrique comparant l'efficacité d'une forme d'onde biphasique rectiligne avec une forme d'onde monophasique sinusoïde pour la cardioversion transthoracique d'une fibrillation auriculaire.

Reçu le 21 juillet 1999, manuscrit révisé reçu le 29 septembre 1999, accepté le 12 octobre 1999.

**Traduit de "CIRCULATION", Vol. 101, N° 11 - Mars 2000 : 1282-1287**  
Du New-York Hospital-Cornell Medical center, New York, NY (S.M., K.M.S., S.M.M., D.J.S., M.A.S., B.B.L.); Zoll Medical Corporation, Burlington, Mass (S.A.); University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pa (D.S., D.C.); et Cleveland Clinic Foundation, Ohio (P.J.T.).

M. Ayati est un employé de Zoll Medical Corporation fabricant des défibrillateurs et des électrodes utilisés dans cette étude. Les autres auteurs, y compris le Dr Lerman qui est consultant auprès de Zoll Medical Corporation, n'ont aucun intérêt financier dans ces appareils.

*Correspondance* : Bruce B. Lerman, MD, Division of Cardiology, The New York Hospital-Cornell Medical Center, 525 East 68th Streetn Starr 4, New York, NY 10021. - E-mail : blerman@mail.med.cornell.edu

© 2000 American Heart Association, Inc.

Circulation est consultable sur le site : <http://www.circulationaha.org>

Cent soixante quatorze patients de 7 centres ont été enrôlés pour la durée de cette étude entre août 1998 et février 1999. Les patients étaient éligibles pour cette étude s'ils étaient soumis à une cardioversion électrique d'une fibrillation auriculaire. Les patients ayant une fibrillation auriculaire  $\geq 48$  heures étaient anticoagulés par la warfarine pendant au moins 3 semaines et traités selon le ratio international normalisé  $\geq 2,0$ .

Les patients qui n'étaient pas sous anticoagulants pendant au moins 3 semaines ont eu un échocardiogramme transœsophagien afin de prouver l'absence d'un thrombus de l'oreillette gauche et recevaient de l'héparine (ou de la warfarine) immédiatement avant la cardioversion (18).

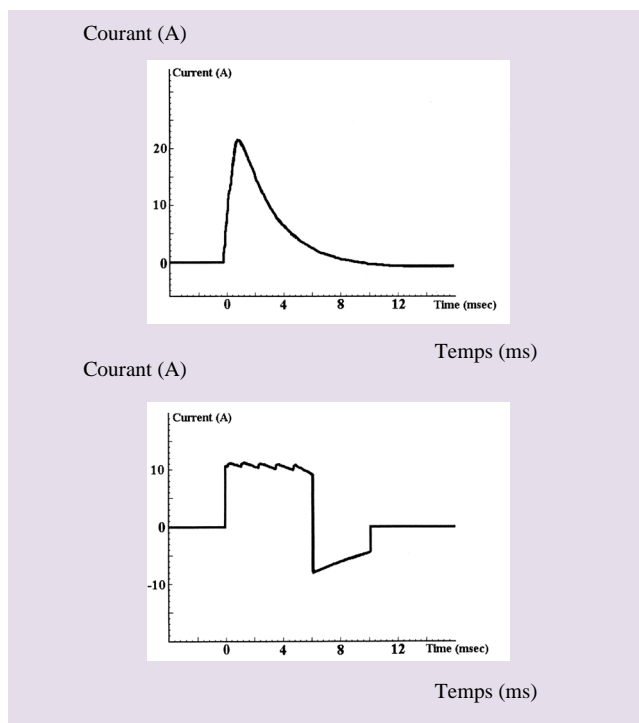
Tous les patients étaient anticoagulés pendant 3 à 4 semaines après la cardioversion. Par ailleurs, tous les patients ont subi un échocardiogramme dans les 3 mois suivant la cardioversion pour contrôler la taille de l'auricule gauche et la fraction d'éjection ventriculaire gauche. Les patients étaient inéligibles s'ils étaient âgés de moins de 18 ans, en gestation ou s'ils étaient soumis à une cardioversion d'arythmies auriculaires autres que la fibrillation auriculaire. Le Comité Institutionnel de Révision de chaque institut participant a approuvé le protocole d'investigations. Un consentement éclairé écrit avait été obtenu de tous les patients.

### Profil de l'étude

La première hypothèse de l'étude était qu'un choc biphasique rectiligne aurait une efficacité de cardioversion supérieure à celle du choc monophasique. En supposant un taux cumulatif d'efficacité de 80 % avec la forme d'onde monophasique sinusoïde amortie, 154 patients ont été nécessaires pour déterminer une différence  $>15$  % entre la forme d'onde monophasique et l'onde biphasique avec une puissance de 80 % et un degré de signification de 0,05.

### Formes d'ondes

La figure 1 décrit une forme d'onde monophasique sinusoïde amortie de 100 J et une onde biphasique rectiligne de 70 J (courant stable en première phase) délivrées à travers une résistance de 50  $\Omega$ . La forme d'onde monophasique a été produite par un défibrillateur Zoll PD-2000® par libération de la charge stockée dans un condensateur de 45  $\mu\text{F}$  à travers un inducteur de 20 MHz et une résistance interne de 14  $\Omega$ . La forme d'onde biphasique a été produite par le condensateur de 100  $\mu\text{F}$  utilisant un défibrillateur Zoll PD 2100®. La forme d'onde biphasique consiste en une première phase de courant stable de 6 ms suivie d'une onde exponentielle tronquée pendant la seconde phase de 4 ms. La période entre le temps d'inflexion descendante de la première phase et l'ascension de la seconde phase était de 100  $\mu\text{s}$ . Pour une énergie demandée, un courant stable était maintenu pendant la première phase par ajustement automatique de la résistance intérieure sur la base de l'impédance transthoracique du patient dès l'administration du choc. Des résistances, réglant la compensation d'impédance, produisaient un courant stable en première phase ainsi que l'ondulation en plateau. L'amplitude de la première et de la seconde phase variait selon l'énergie demandée. L'amplitude initiale de la seconde phase était approximativement égale à l'amplitude finale de la première phase. Lorsque 170 J étaient choisis pour la forme d'onde biphasique et que l'impédance du patient était  $\geq 85 \Omega$ , la première phase de la forme d'onde biphasique décroissait. Toutefois, tous les autres paramètres de la forme d'onde, y compris la durée des phases, les délais interphase et la mesure intégrée de l'impédance sensible aux impulsions restaient inchangés. L'effet de l'impédance trans-



**Fig. 1 : Formes d'ondes de défibrillation.**  
*En haut* : Onde sinusoïde amortie représentative administrée à 100 J à travers une résistance de 50  $\Omega$ .  
*En bas* : forme d'onde biphasique rectiligne de 70 J délivrée à travers une résistance de 50  $\Omega$ .

thoracique sur le courant délivré par les formes d'ondes monophasiques et biphasiques est indiquée au tableau I.

### Électrodes

Des électrodes en polymère gélifiées (19) (Zoll Électrodes spéciales Cardiologie) pour cardioversion étaient posées en parasternal droit et, sur l'épaule gauche en postérieur (20).

Tableau I : Pic de courant (A) délivré par 2 formes d'onde à une impédance de 50 à 120 $\Omega$					
	50 $\Omega$	75 $\Omega$	100 $\Omega$	125 $\Omega$	Population étudiée*
<b>Chocs biphasiques</b>					
70 j	12	11	10	8	11 $\pm$ 1
120 J	16	15	13	11	14 $\pm$ 1
150 J	18	17	15	13	15 $\pm$ 2
170 J	24	23	19	15	21 $\pm$ 2
<b>Chocs monophasiques</b>					
100 J	29	22	18	15	22 $\pm$ 4
200 J	43	34	27	24	31 $\pm$ 5
300 J	53	42	33	29	38 $\pm$ 6
360 J	58	46	36	32	41 $\pm$ 4

\* Cette colonne indique le courant délivré en fonction de l'énergie délivrée (J). L'impédance était de 76 $\pm$ 16  $\Omega$  pour les patients recevant le choc biphasique.

L'électrode antérieure est circulaire et a un diamètre de 10 cm qui correspond à une surface utile de 78 cm<sup>2</sup>. L'électrode postérieure est rectangulaire et a une diagonale de 14,5 cm correspondant à une surface utile de 113 cm<sup>2</sup>. Les électrodes de défibrillation étaient connectées à une unité de défibrillation à interface multiple alternativement reliée aux défibrillateurs monophasique et biphasique. Cette installation était utilisée pour s'assurer que les deux défibrillateurs délivraient un choc à la même électrode et à la même place. D'autre part, l'unité interface transmettait la tension et le courant administrés au patient à un PC portable pour l'enregistrement des données .

### Protocole de cardioversion

Les patients étaient randomisés dans chaque centre en utilisant un schéma de randomisation simple pour la forme d'onde monophasique ou pour la forme d'onde biphasique. Les patients randomisés dans le protocole monophasique recevaient, si nécessaire, des séquences de chocs de 100 J, 200 J, 300 J et 360 J. Si le choc à 360 J échouait pour la cardioversion du patient un dernier choc biphasique à 170 J était administré. Les patients randomisés dans le protocole biphasique recevaient des séquences de chocs de 70 J, 120 J, 150 J et 170 J si nécessaire. En cas d'échec de la cardioversion du patient avec le choc à 170 J, un choc final monophasique à 360 J était administré. Une cardioversion réussie était définie comme le passage d'une fibrillation auriculaire en rythme sinusal  $\geq 30$  secondes après le choc.

### Analyse statistique

Toutes les variables continues sont exprimées en estimations moyennes  $\pm$  intervalle de confiance. Les comparaisons d'estimations des variables dichotomiques et continues entre les groupes de la forme d'onde monophasique et biphasique étaient calculées en utilisant respectivement le  $\chi^2$  test et le test t de Student. L'efficacité du premier choc biphasique à 70 J et monophasique à 100 J et l'efficacité cumulée du choc monophasique et du choc biphasique étaient comparées en utilisant le test exact de Fischer. Pour déterminer les variables indépendantes associées au succès de la cardioversion une régression logistique multivariée a été réalisée en utilisant les variables cliniques suivantes : poids du patient, durée de la fibrillation auriculaire, taille de l'oreillette gauche, fraction d'éjection ventriculaire gauche, impédance transthoracique et forme d'onde de choc utilisée. Nous avons calculé une intervalle de confiance de 95 % pour chaque risque relatif,  $p < 0,005$  était considéré comme statistiquement significatif pour toutes les comparaisons.

## RÉSULTATS

### Caractéristiques des patients

Une cardioversion a été réalisée sur 174 patients. Neuf patients ont été exclus de l'analyse. Les raisons de l'exclusion étaient :

- 1 - le non respect par l'investigateur du protocole progressif pré-établi (n=7),
- 2 - un traitement antérieur avec ibutilide (n=1),
- 3 - l'impossibilité d'accéder aux données de chocs de cardioversion consécutive à un dysfonctionnement de l'ordinateur (n=1).

Les 165 patients restant constituaient le groupe d'étude. L'âge moyen de la population était de 66 ans  $\pm$  12 ans (30 à 92 ans), le poids moyen était de 91  $\pm$  23 kg (46 à 168 kg) et le sexe principalement masculin. La taille de l'oreillette gauche était de 4,7  $\pm$  0,9 cm (2,7 à 9,7 cm) et la fraction d'éjection ventriculaire gauche était de 50  $\pm$  14 % (15 % à 75 %). Des cardiopathies

**Tableau II : Données sur les caractéristiques physiques, cliniques et démographiques des patients.**

	Chocs	
	Biphasique	Monophasique
Nb de patients (%)	88 (53)	77 (47)
Âge (année)	65 $\pm$ 12	66 $\pm$ 16
Sexe		
Masculin	59 (67)	56 (73)
Féminin	29 (33)	21 (27)
Poids (kg)	89 $\pm$ 21	93 $\pm$ 24
Taille de l'oreillette gauche (cm)	4,7 $\pm$ 1,0	4,6 $\pm$ 0,8
FEVG (%)	50 $\pm$ 14	48 $\pm$ 14
Impédance transthoracique	78 $\pm$ 16	76 $\pm$ 17
Maladies cardiaques		
Coronaropathies	22 (25)	24 (31)
Coronaropathies et valvulopathies	7 (8)	7 (9)
Valvulopathies	18 (21)	13 (18)
Cardiomyopathie idiopathique	3 (3)	8 (18)
Hypertension	7 (8)	3 (4)
Autres	0 (0)	1 (1)
Aucune	31 (35)	21 (27)
Classe NYHA		
I	59 (67)	47 (61)
II	23 (26)	27 (35)
III	4 (5)	3 (4)
IV	2 (2)	0 (0)
Durée de la fibrillation ventriculaire		
$\leq 48$ heures	15 (17)	15 (19)
$< 48$ heures et $\leq 6$ mois	64 (73)	47 (61)
$< 6$ mois	9 (10)	12 (16)
Non renseigné	0 (0)	3 (4)
Cardioversion électrique	37 (42)	28 (36)
Médicaments		
Inhibiteurs de l'ACE	23 (26)	23 (30)
Amiodarone	24 (27)	18 (23)
Bêta-bloquants	41 (47)	35 (45)
Inhibiteurs calciques	27 (31)	26 (33)
Digoxine	38 (43)	35 (45)
Diurétiques	19 (22)	21 (27)
Dérivés nitrés	5 (6)	7 (9)
Anti-arythmiques type IA	6 (7)	7 (9)
Anti-arythmiques type IC	4 (5)	1 (1)
Sotalol	8 (9)	6 (8)

p=NS pour toutes les comparaisons entre groupes monophasiques et biphasiques. Les données sont présentées en valeur  $\pm$  intervalle de confiance ou en nombre (%) de patients.  
NYHA = New York Heart Association.

(hypertension incluse) étaient présentes chez 69 % des patients. Sur les 165 patients soumis à une cardioversion, 88 (53 %) étaient randomisés dans le groupe biphasique et 77 (47 %) dans le groupe monophasique. Les deux groupes étaient similaires en ce qui concerne l'âge, le sexe, le poids, la taille de l'oreillette gauche, la fraction d'éjection ventriculaire gauche, la classe des maladies cardiaques dans le NYHA (New York Heart Association), la durée de la fibrillation auriculaire et l'utilisation de médicaments y compris les anti-arythmiques (tableau II).

### Données de cardioversion

Les données sur le premier choc pour les 2 groupes sont résumées dans le tableau III. L'efficacité du premier choc à 70 J de la

**Tableau III : Données de premier choc de défibrillation pour les groupes d'ondes monophasiques et biphasiques.**

	Nb de patients	Énergie délivrée (J)	Voltage (V)	Courant (A)**	Impédance (Ω)	Efficacité de la cardioversion n (%)
Choc monophasique (100 J)*	77	105±4 (94-112)	1592±139 (1074-1802)	22±4 (16-32)	76±17 (40-112)	16/22 (21 %)
Choc biphasique (70 J)	88	77±7 (54-86)	733±85 (493-892)	11±1 (8-14)	78±16 (41-124)	60/88 (68 %)
P		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	NS	< 0,0001

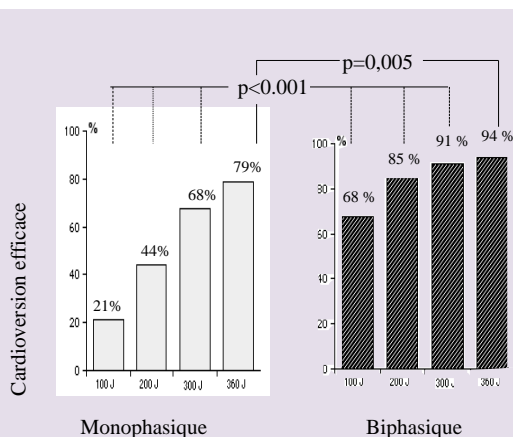
Les données sont présentées en valeur ± intervalle de confiance, sauf indication contraire.  
 \* Énergie délivrée à une impédance de 50 Ω.  
 \*\* Pic de courant (pour le groupe biphasique, le courant moyen était inférieur au pic de courant d'environ 1 A.

forme d'onde biphasique rectiligne (60 patients sur 88, soit 68 %) était de façon significative supérieure à celle du choc à 100 J de l'onde monophasique amortie (16 patients sur 77, soit 21 %,  $p < 0,0001$ ) (figure 2). De plus, l'augmentation d'efficacité avec le choc biphasique de 70 J a été obtenue un courant 50 % moindre ( $11 \pm 1$  vs  $22 \pm 4$  A,  $p < 0,0001$ ). Aucune différence significative d'impédance transthoracique n'existait entre le groupe de la forme d'onde biphasique ( $76 \pm 17$  Ω) et celui de la forme d'onde monophasique ( $78 \pm 17$  Ω,  $p = NS$ ).

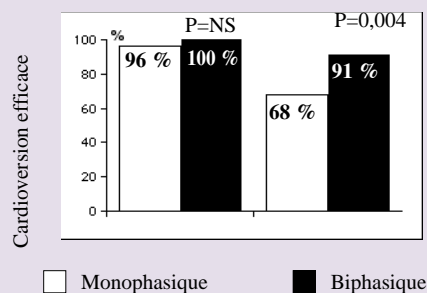
L'efficacité cumulée de la cardioversion des chocs monophasiques à 100, 200, 300 et 360 J était respectivement de 21 %, 44 %, 68 % et 79 %. En comparaison l'efficacité cumulée de la cardioversion des chocs biphasiques à 70, 120, 150 et 170 J était respectivement de 68 %, 85 %, 91 % et 94 %. L'efficacité cumulée avec la forme d'onde rectiligne (83 patients sur 88, soit 94 %) était de façon significative supérieure à celle de la forme d'onde monophasique sinusoïde amortie (61 patients sur 77, soit 79 %,  $p = 0,0005$ ). Notons que le pic moyen de courant délivré au patient avec le choc monophasique de 100 J était équivalent à celui délivré avec le choc biphasique rectilinéaire de 170 J (tableau I). En outre, le choc biphasique à 170 J délivre environ 50 % moins de courant que le choc à 360 J.

Seize patients du groupe monophasique ne purent bénéficier d'une cardioversion avec un choc monophasique maximum de

360 J. Huit des ces patients (50 %) ont bénéficié du succès d'une cardioversion par un choc biphasique de 170 J. Cinq patients du groupe biphasique ne purent être traités par une cardioversion avec un choc maximum de 170 J. Ces patients ont reçu un choc monophasique de 360 J qui a également échoué. Il n'y a pas eu d'autre complication. L'efficacité cumulée de la cardioversion était influencée de façon significative par la ligne de base d'impédance transthoracique des patients (figure 3). Pour les patients avec une impédance  $< 70$  Ω, l'efficacité cumulée de la forme d'onde biphasique (29 patients sur 29, soit 100 %) était comparable à celle de la forme d'onde monophasique (27 patients sur 28, soit 96 %,  $p = NS$ ). Par contre, pour les patients avec une impédance transthoracique  $\geq 70$  Ω, l'efficacité de la forme d'onde biphasique était supérieure (53 patients sur 58, soit 91 %) à celle de la forme d'onde monophasique (30 patients sur 44, soit 68 %,  $p = 0,004$ ). En comparaison des patients ayant une impédance  $\leq 70$  Ω ( $60 \pm 8$  Ω), les patients ayant une impédance  $> 70$  Ω ( $86 \pm 12$  Ω) étaient plus corpulents ( $98 \pm 2$  kg versus  $78 \pm 12$  kg) et avaient une oreillette gauche plus grande ( $4,8 \pm 1,0$  versus  $4,5 \pm 0,8$  cm,  $p = 0,004$ ). Cependant aucune différence significative en poids, durée de la fibrillation auriculaire, taille de l'oreillette gauche, fraction d'éjection ventriculaire gauche et impédance transthoracique n'existait entre les patients traités avec les formes d'ondes monophasiques ou biphasiques en dehors des groupes  $\leq 70$  Ω et  $> 70$  Ω.



**Fig. 2 :** Efficacité cumulative de la cardioversion obtenue par les ondes de choc monophasiques et biphasiques.



**Fig. 3 :** Effet de l'impédance transthoracique sur l'efficacité de la cardioversion.

À gauche, chez les patients avec une impédance  $\leq 70$  Ω, les formes d'onde biphasique et monophasique ont une efficacité cumulative équivalente.

À droite, chez les patients avec une impédance  $> 70$  Ω, les formes d'onde biphasiques ont une efficacité cumulative significativement meilleure que les formes d'onde monophasiques.



Tableau IV : Analyse monovariante			
	Succès	Échec	P
Formes d'ondes			0,005
Monophasiques	79%	21%	
Biphasiques	94%	6%	
Poids (kg)	89±23	105±15	0,002
Durée de la FA (jours)	143±408	613±1167	0,080
Taille de l'OG (cm)	4,7±0,9	4,7±0,8	0,904
Fraction d'éjection VG (%)	49±15	48±12	0,922
Impédance transthoracique (Ω)	75±17	87±12	0,005
FA : Fibrillation Auriculaire OG : Oreillette Gauche      VG : Ventriculaire Gauche			

L'utilisation d'une onde biphasique (p=0,005), le poids du patient (p=0,002) et l'impédance transthoracique de base (p=0,005) étaient des facteurs prédictifs du succès de la cardioversion (tableau IV). Par ailleurs, une tendance vers un plus faible taux de succès était observée chez les patients à longue durée de fibrillation auriculaire (p=0,008). Les régressions logistiques multivariées caractérisaient 3 variables indépendantes associées avec le succès de la cardioversion : la forme d'onde de choc utilisée pour la cardioversion (p=0,02), l'impédance transthoracique de base (p=0,01) et la durée de la fibrillation auriculaire (p=0,02). Le risque relatif ajusté (95 % intervalle de confiance) pour l'efficacité cumulée était de 4,2 (1,3 - 13,9) pour l'utilisation du choc de la forme d'onde biphasique, 0,64 (0,46 - 0,90) par augmentation de 10 Ω de l'impédance transthoracique et 0,98 (0,97 - 0,99) par période supplémentaire de 30 jours de fibrillation auriculaire (tableau V).

## DISCUSSION

La conclusion principale de cette étude est que le choc biphasique rectiligne est de façon significative plus efficace que le choc avec l'onde monophasique sinusoïde amortie pour la cardioversion transthoracique de la fibrillation auriculaire. L'utilisation de la forme d'onde biphasique rectiligne était le facteur prédictif indépendant le plus significatif d'un succès de la cardioversion. En outre, en plus de l'amélioration de l'efficacité, le choc biphasique rectiligne permet une cardioversion avec beaucoup moins de courant. L'avantage du choc biphasique était plus accentué sur les patients ayant une impédance transthoracique >70 Ω.

Au cours des trois décennies écoulées depuis l'apparition de la cardioversion transthoracique, deux approches alternatives et non pharmacologiques ont été proposées pour les patients pour lesquels la cardioversion conventionnelle de la fibrillation auriculaire était en échec : le défibrillateur externe double utilisant une électrode orthogonale de surface et administrant une décharge du défibrillateur de 720 J (3) et la cardioversion interne par le cathéter endocavitaire (4). Les limites de ces alternatives incluent des dommages musculaires potentiels par des chocs à haute énergie et les inconvénients et risques d'une approche invasive interne. Plus récemment, on a également suggéré que l'efficacité de l'onde monophasique sinusoïde amortie pour la cardioversion pouvait être améliorée par un traitement préalable à l'ibutilide (21). Cette approche est cependant limitée par l'augmentation des coûts associés à l'usage de l'ibutilide et aux 3 à 4 heures de monitoring électrocardiographique continu après la cardioversion pour exclure les torsades de pointes induites par

Tableau V : Analyse multivariante		
	P	RR ajusté (IC 95%)
Forme d'onde	0,02	4,2 (1,3 - 13,9)
Impédance transthoracique (Ω)	0,005	0,64 (0,46 - 0,90)*
Durée de la FA (jours)	0,02	0,97 (0,96 - 0,99)**
RR = risque relatif - IC = intervalle de confiance - FA = fibrillation auriculaire Le modèle multivariante inclut le poids, la durée de la fibrillation auriculaire, la taille de l'oreillette gauche, la fraction d'éjection VG, l'impédance transthoracique et la forme d'onde utilisée. * Pour une impédance de 10 Ω ** Pour une FA de 30 jours		

l'ibutilide. Par ailleurs, cette approche n'est pas applicable à des patients avec une altération sévère de la fonction systolique ventriculaire gauche en raison de l'augmentation des risques de torsade de pointe. La cardioversion biphasique rectiligne n'a pas de telles limites. Notre étude suggère que l'utilisation de routine du choc biphasique rectiligne pour la cardioversion transthoracique de la fibrillation auriculaire peut réduire de façon significative le recours à ces alternatives peu souhaitables.

De nombreux défibrillateurs généralement disponibles utilisent une forme d'onde monophasique sinusoïde amortie qui n'est pas compensée par l'impédance. Bien qu'il soit demandé à l'utilisateur de choisir une énergie particulière disponible, on sait que le courant transthoracique est un critère plus précis du seuil de défibrillation (22,23). À partir de l'administration d'une énergie disponible le courant délivré est dépendant de l'impédance transthoracique, un courant excessif est, peut-être, délivré à des patients ayant une impédance transthoracique basse (nocivité croissante) et un courant insuffisant est, peut-être, délivré à des patients ayant une impédance transthoracique élevée (efficacité décroissante) (24). En fait, dans cette étude une impédance élevée était un facteur indépendant d'échec du choc. Par rapport à l'onde monophasique sinusoïde amortie, la forme d'onde biphasique rectiligne offre un avantage pour des patients ayant une impédance élevée parce qu'elle est peu sensible à un changement de l'impédance transthoracique et qu'il existe une compensation d'impédance assurée par le courant stable pendant la première phase.

Le pic de courant délivré à un patient ayant une impédance de 125 Ω par un choc d'une onde monophasique est, en moyenne, égal à 55 % de celui délivré à un patient avec une impédance de 50 Ω. En comparaison, le pic de courant délivré par un choc biphasique à un patient avec une impédance de 125 Ω est en moyenne égal à 68 % de celui délivré à un patient avec 50 Ω d'impédance. Cela réduit ainsi les effets adverses d'une augmentation d'impédance sur le courant délivré (24, 25). L'amélioration d'efficacité du choc biphasique rectiligne observée sur les patients ayant une impédance >70 Ω était conforme à ce rapport. Sur la base d'une impédance humaine moyenne d'environ 70 Ω (24, 25), l'amélioration de l'efficacité du choc biphasique rectiligne est pertinente pour environ 50 % des patients soumis à une cardioversion.

Il est important de noter que l'amélioration d'efficacité avec le choc biphasique rectiligne a été obtenue, de façon significative, avec moins de courant délivré qu'avec le choc monophasique.

Des études antérieures sur la défibrillation ventriculaire ont démontré que le choc biphasique défibrillant avec moins de courant entraîne moins de dysfonctions myocardiques postérieures au choc que le choc monophasique (14, 15, 17).

### Études antérieures

Lown et al (2) ont initialement rapporté une efficacité de cardioversion de 90 %. Leurs patients étaient cependant de façon significative différents des patients qui sont couramment soumis à une cardioversion électrique. Ces patients étaient plus jeunes, la plupart avaient des maladies rhumatismales de la valvule mitrale et plusieurs avaient reçu un traitement par la quinidine. En comparaison nos patients étaient plus âgés, la fibrillation auriculaire avait une origine cardiaque variable et avaient reçu divers anti-arythmiques dont l'amiodarone.

Plus récemment l'efficacité rapportée pour la cardioversion de la fibrillation auriculaire par choc monophasique a largement varié : de 38 % à 96 % (2, 6, 26, 27). Cette variation reflète largement les différences des caractéristiques de base des patients sélectionnés pour la cardioversion. Comme dans notre étude, des études précédentes ont démontré qu'une plus longue durée de la fibrillation auriculaire et une augmentation de l'impédance transthoracique font prévoir un échec de la cardioversion (5, 6, 24, 25). Dans cette étude la supériorité de la forme d'onde biphasique rectiligne sur la forme d'onde monophasique amortie a

été démontrée dans deux groupes dont les bases étaient similaires quant aux variables pouvant affecter le succès du choc dont le poids, l'impédance transthoracique et la durée de la fibrillation auriculaire.

### Limites

Une limite potentielle de cette étude est qu'il est impossible d'extrapoler le bénéfice observé avec l'onde biphasique rectiligne à d'autres formes d'ondes biphasiques. D'autre part, nous ne savons pas si d'autres types de formes d'ondes monophasiques que l'onde sinusoïde amortie, pourraient être associés à un taux plus élevé de succès.

## CONCLUSIONS

Le choc biphasique rectiligne a de façon significative une efficacité supérieure à celle du choc de l'onde monophasique sinusoïde amortie pour la cardioversion électrique transthoracique de la FA. Par ailleurs, l'augmentation d'efficacité avec le choc biphasique rectiligne est associée à une réduction significative du courant délivré par rapport au choc monophasique. La combinaison d'une augmentation de l'efficacité et d'une réduction du courant nécessaire indique que le choc biphasique rectiligne est peut-être une méthode préférable pour la cardioversion électrique de la fibrillation auriculaire.

### APPENDICE : INVESTIGATEURS ET INSTITUTS PARTICIPANTS

Johns Hopkins University Medical Center, Baltimore, Md: Hugh Calkins, MD (principal investigator), Rozann Hansford, RN; University of Michigan Medical Center, Ann Arbor, Mich: Bradley P. Knight, MD (principal investigator), Fred Morady, MD; The New York Hospital-Cornell Medical Center, New York, NY: Bruce B. Lerman, MD (principal investigator), Kenneth M. Stein, MD, Steven M. Markowitz, MD, Suneet Mittal, MD, David J. Slotwiner, MD, Marc A. Scheiner, MD, Maliza Sarmiento, RN, MA, ANP, Mary Wong, RN, MSN, ANP; MHSA Washington Hospital Center, Washington, DC: Edward V. Platia, MD (principal investigator), Jean Fenton, RN, MSN, Dulce Manno, RN; University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pa: David Schwartzman, MD (principal investigator), Doris Cavlovich, RN, BSN; Cleveland Clinic Foundation, Cleveland, Ohio: Patrick J. Tchou, MD (principal investigator), Donald R. Holmes, RN, MSN; and Duke University Medical Center, Durham, NC: J. Marcus Wharton, MD (principal investigator), Catherine Grill, RN, ESN.

**Remerciements :** Ce travail a été subventionné en partie par le National Institutes of Health (RO1 HL-56139) et par Zoll Medical Corporation.

### SUMMARY

### TRANSTHORACIC CARIOVERSION OF ATRIAL FIBRILLATION COMPARISON OF RECTILINEAR BIPHASIC VERSUS DAMPED SINE WAVE MONOPHASIC SHOCKS

**Background :** *Clinical studies have shown that biphasic shocks are more effective than monophasic shocks for ventricular defibrillation. The purpose of this study was to compare the efficacy of a rectilinear biphasic waveform with a standard damped sine wave monophasic waveform for the transthoracic cardioversion of atrial fibrillation.*

**Methods and Results :** *In this prospective, randomized, multicenter trial, patients undergoing transthoracic cardioversion of atrial fibrillation were randomized to receive either damped sine wave monophasic or rectilinear biphasic shocks. Patients randomized to the monophasic protocol (n=77) received sequential shocks of 100, 200, 300, and 360 J. Patients randomized to the biphasic protocol (n=88) received sequential shocks of 70, 120, 150, and 170 J. First-shock efficacy with the 70-J biphasic waveform (60 of 88 patients, 68%) was significantly greater than that with the 100-J monophasic waveform (16 of 77 patients, 21%, P<0.0001), and it was achieved with 50% less delivered current (11±1 versus 22±4 A, P<0.0001). Similarly, the cumulative efficacy with the biphasic waveform (83 of 88 patients, 94%) was significantly greater than that with the monophasic waveform (61 of 77 patients, 79%; P=0.005). The following 3 variables were independently associated with successful cardioversion : use of a biphasic waveform (relative risk, 4.2 ; 95% confidence intervals, 1.3 to 13.9 ; P=0.02), transthoracic impedance (relative risk, 0.64 per 10-Ω increase in impedance ; 95% confidence intervals, 0.46 to 0.90 ; P=0.005), and duration of atrial fibrillation (relative risk, 0.97 per 30 days of atrial fibrillation ; 95% confidence intervals, 0.96 to 0.99 ; P=0.02).*

**Conclusions :** *For transthoracic cardioversion of atrial fibrillation, rectilinear biphasic shocks have greater efficacy (and require less energy) than damped sine wave monophasic shocks. (Circulation. 2000 ; 101 : 1282-1287).*

**Keys words :** *Cardioversion - Atrial fibrillation - Shock.*

## RÉFÉRENCES

1. PRYSTOWSKY EN, BENSON DW Jr, FUSTER V, HART RG, KAY GN, MYERBURG RJ, NACCARELLI GV, WYSE DG. - Management of patients with atrial fibrillation : a statement for healthcare professionals from the subcommittee on electrocardiography and electrophysiology, American Heart Association. *Circulation*. 1996 ; 93 : 1262-77.
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 : 325-31.
3. BJERREGAARD P, EL-SHAFEI A, JANOSIK DL, SCHILLER L, QUATTROMANI A. - Double external direct-current shocks for refractory atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 1999 ; 83 : 972-4.
4. LEVY S, LAURIBE P, DOLLA E, KOU W, KADISH A, CALKINS H, PAGANELLI F, MOYAL C, BREMONDY M, SCHORK A, SHYR Y, DAS S, SHEA M, GUPTA N, MORADY F. - A randomized comparison of external and internal cardioversion of chronic atrial fibrillation. *Circulation*. 1992 ; 86 : 1415-20.
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 : 41-6.
6. VAN GELDER IC, CRIJNS HJGM, TIELMAN RG, BRUGEMANN J, DE KAM PJ, GOSSELINK ATM, VERHEUGHT FWA, LIE KI. - Chronic atrial fibrillation : success of serial cardioversion therapy and safety of oral anticoagulation. *Arch Intern Med*. 1996 ; 156 : 2585-92.
7. FAIN ES, SWEENEY MB, FRANZ MR. - Improved internal defibrillation with a biphasic waveform. *Am Heart J*. 1989 ; 117 : 358-64.
8. WINKLE RA, MEAD RH, RUDER MA, GAUDIANI V, BUCH WS, PLESS B, SWEENEY M, SCHMIDT P. - Improved low energy defibrillation efficacy in man with the use of a biphasic truncated exponential waveform. *Am Heart J*. 1989 ; 117 : 122-7.
9. CHAPMAN PD, VETTER JW, SOUZA JJ, TROUP PJ, WETHERBEE JN, HOFFMAN RG. - Comparative efficacy of monophasic and biphasic truncated exponential shocks for nonthoracotomy internal defibrillation in dogs. *J Am Coll Cardiol*. 1988 ; 12 : 739-45.
10. BARDY GH, IVEY TD, ALLEN MD, JOHNSON G, MEHRA R, GREENE HL. - A prospective randomized evaluation of biphasic versus monophasic waveform pulses on defibrillation efficacy in humans. *J Am Coll Cardiol*. 1989;14 : 728-33.
11. KAVANAGH KM, TANG ASL, ROLLINS DL, SMITH WM, IDEKER RE. - Comparison of the internal defibrillation thresholds for monophasic and double and single capacitor biphasic waveforms. *J Am Coll Cardiol*. 1989 ; 14 : 1343-9.
12. WYSE DG, KAVANAGH KM, GILLIS AM, MITCHELL LB, DUFF HJ, SHELDON RS, KIESER TM, MAITLAND A, FLANAGAN P, ROTH-SCHILD J, MEHRA R. - Comparison of biphasic and monophasic shocks for defibrillation using a nonthoracotomy system. *Am J Cardiol*. 1993 ; 71 : 197-202.
13. BARDY GH, MARCHLINSKI FE, SHARMA AD, WORLEY SJ, LUCERI RM, YE R, HALPERIN BD, FELLOWS CL, AHERN TS, CHILSON DA, PACKER DL, WILBER DJ, MATTIONI TA, REDDY R, KRONMAL RA, LAZZARA R, for the Transthoracic Investigators. - Multicenter comparison of truncated biphasic shocks and damped sine wave monophasic shocks for transthoracic ventricular defibrillation. *Circulation*. 1996 ; 94 : 2507-14.
14. MITTAL S, AYATI S, STEIN KM, KNIGHT BP, MORADY F, SCHWARTZMAN D, CAVLOVICH D, PLATIA EV, CALKINS H, TCHOU PJ, MILLER JM, WHARTON JM, SUNG RJ, SLOTWINER DJ, MARKOWITZ SM, LERMAN BB. - Comparison of a novel biphasic waveform with a damped sine wave monophasic waveform for transthoracic ventricular defibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 1999 ; 34 : 1595-601.
15. JONES JL, JONES RE. - Decreased defibrillator-induced dysfunction with biphasic rectangular waveforms. *Am J Physiol*. 1994 ; 247 : H792-6.
16. TUNG L. - Detrimental effects of electrical fields on cardiac muscle. *Proc IEEE*. 1996 ; 84 : 266-378.
17. TANG W, WEIL MH, SUN S, YAMAGUCHI H, PROVOAS HP, PERNAT AM, BISERA J. - The effects of biphasic and conventional monophasic defibrillation on postresuscitation myocardial function. *J Am Coll Cardiol*. 1999 ; 34 : 815-22.
18. MANNING WJ, SILVERMAN DI, GORDON SPF, KRUMHOLZ HM, DOUGLAS PS. - Cardioversion from atrial fibrillation without prolonged anticoagulation with the use of tranesophageal echocardiography to exclude the presence of atrial thrombi. *N Engl J Med*. 1993 ; 328 : 750-5.
19. KERBER RE, MARTINS JB, KELLY KJ, FERGUSON DW, KOUBA C, JENSEN SR, NEWMAN B, PARKE JD, KIESO R, MELTON J. - Self-adhesive preapplied electrode pads for defibrillation and cardioversion. *J Am Coll Cardiol*. 1984 ; 3 : 815-20.
20. EWY GA. - Optimal technique for electrical cardioversion of atrial fibrillation. *Circulation*. 1992 ; 86 : 1645-7.
21. ORAL H, SOUZA JJ, MICHAUD GF, KNIGHT BP, GOYAL R, STRICKBERGER SA, MORADY F. - Facilitating transthoracic cardioversion of atrial fibrillation with ibutilide pretreatment. *N Engl J Med*. 1999 ; 340 : 1849-54.
22. LERMAN BB, DIMARCO JP, HAINES DE. - Current-based versus energy-based ventricular defibrillation : a prospective study. *J Am Coll Cardiol*. 1988 ; 12 : 1259-64.
23. LERMAN BB, HALPERIN HR, TSITLIK JE, BRIN K, CLARK CW, DEALE OC. - Relationship between canine transthoracic impedance and defibrillation threshold : evidence for current-based defibrillation. *J Clin Invest*. 1987 ; 80 : 797-803.
24. KERBER RE, MARTINS JB, KIENZLE MG, CONSTANTIN L, OLSHANSKY B, HOPSON R, CHARBONNIER F. - Energy, current, and success in defibrillation and cardioversion : clinical studies using an automated impedance-based method of energy adjustment. *Circulation*. 1988 ; 5 : 1038-46.
25. KERBER RE, KOUBA C, MARTINS J, KELLY KS, LOW R, HOYT R, FERGUSON D, BAILEY L, BENNETT P, CHARBONNIER F. - Advance prediction of transthoracic impedance in human defibrillation and cardioversion : importance of impedance in determining the success of low-energy shocks. *Circulation*. 1984 ; 70 : 303-8.
26. KERBER RE, JENSEN SR, GRAYZEL J, KENNEDY J, HOYT R. - Elective cardioversion : influence of paddle-electrode location and size on success rates and energy requirements. *N Engl J Med*. 1981 ; 305 : 658-62.
27. RICARD P, LEVY S, TRIGANC, J, PAGANELLI F, DAOUD E, MAN KC, STRICKBERGER SA, MORADY F. - Prospective assessment of the minimum energy needed for external electrical cardioversion of atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 1997 ; 79 : 815-6.



Cette réimpression et cette traduction sont distribuées par courtoisie professionnelle par ZOLL Medical Corporation et sont offertes par l'American Heart Association uniquement à des fins pédagogiques et ne constituent pas un aval de produits ou de services par l'American Heart Association.

Édités par SFEM, 22 rue du Château des Rentiers - 75013 Paris

Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 2001

Imprimé par Louyot s.a., 8 rue Michel Chasles - 75012 Paris