

## CASOS CLÍNICOS

# Um insucesso de desfibrilhação por CDI resolvido de uma forma pouco habitual [46]

RICARDO GIL OLIVEIRA, FRANCISCO MADEIRA, ANA RITA FERREIRA, SUSANA ANTUNES, CARLOS MORAIS, VICTOR GIL

Serviço de Cardiologia - Hospital Fernando Fonseca, Amadora, Portugal

**Rev Port Cardiol 2010; 29 (04): 703-709**

## RESUMO

Um Cardioversor Desfibrilhador Implantável (CDI) destina-se a detectar arritmias ventriculares potencialmente fatais e a terminá-las, quer por estimulação ventricular rápida quer através de uma descarga eléctrica. Actualmente, é uma terapia aceite na prevenção primária e secundária da morte súbita cardíaca. A configuração típica de um CDI é de um eléctrodo de *sensing* e de desfibrilhação no ventrículo direito (VD) com dois *coils* (um distal, no ventrículo e outro próximal, na junção da veia cava superior (VCS) com a aurícula direita) que juntamente com o gerador, forma a designada “tríade ventricular”. Esta configuração embora seja eficaz na maior parte dos doentes, não é a mais racional do ponto de vista eléctrico pois o vector de choque encontra-se deslocado anteriormente em relação à maior parte do ventrículo esquerdo (VE). Descreve-se um caso de incapacidade de desfibrilhação pelo CDI resolvido com a implantação de um eléctrodo adicional numa veia tributária do seio coronário.

### Palavras-Chave:

Morte súbita cardíaca; Fibrilhação ventricular; Cardioversor desfibrilhador implantável; Limiar de desfibrilhação; Seio coronário.

## ABSTRACT

### ICD defibrillation failure solved in an unusual fashion

An implantable cardioverter defibrillator (ICD) is designed to sense life-threatening ventricular arrhythmias and terminate them, either by rapid pacing or by delivering an electrical shock. Nowadays it is a proven therapy for both primary and secondary prevention of sudden cardiac death. The typical configuration of an ICD consists of a right ventricular sensing/defibrillator lead with two coils (one distal, located in the right ventricle, and one proximal, located at the superior vena cava-right atrium junction) and an active can, the so-called “ventricular triad”. Although effective in the vast majority of patients, it could be argued that this is not the most rational arrangement in electrical terms, since the main shock vector is anteriorly displaced in relation to the greater portion of the left ventricular mass. We describe a case of an ICD defibrillation failure that was solved by placing an additional defibrillator lead in a tributary of the coronary sinus.

### Key words

Sudden cardiac death; Ventricular fibrillation; Implantable cardioverter defibrillator; Defibrillation threshold; Coronary sinus.

## CASO CLÍNICO

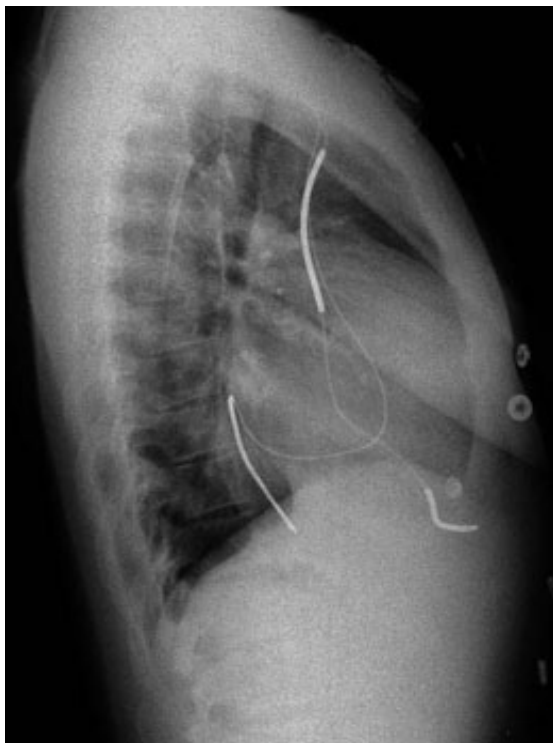
**H**omem de 34 anos, raça negra, com miocardiopatia dilatada idiopática, foi admitido no serviço de urgência por insuficiência cardíaca descompensada. O ecocardiograma transtorácico revelou um ventrículo esquerdo (VE) muito dilatado com má função sistólica global e fracção de ejeção estimada em 15%. Durante o internamento, o quadro clínico melhorou progressivamente com a terapêutica *standard* à base de diuréticos, vasodilatadores e beta-bloqueante, não tendo sido feita nenhuma medicação anti-arrítmica específica. A monitorização electrocardiográfica contínua por telemetria mostrou vários registos de taquicardia ventricular monomórfica não mantida e visto que o doente tinha história familiar de cardiopatia com morte súbita, decidiu-se implantar um cardioversor desfibrilhador implantável (CDI) para prevenção primária. Foi colocado, em posição antepectoral esquerda, um CDI unicameral Medtronic Virtuoso® capaz de entregar um choque de 35J com eléctrodo de fixação activa (modelo Sprint Quattro Secure®) no ápex do ventrículo direito (VD). Fez-se o teste de desfibrilhação após indução de fibrilhação ventricular com “Choque-na-T”. O dispositivo detectou correctamente a arritmia e entregou um primeiro choque bifásico de 25J com configuração nominal (“coil” distal para o gerador e *coil* proximal – B>AX) que foi ineficaz para terminar a arritmia; um segundo choque de 35J foi entregue sem sucesso, tendo sido necessário recorrer a desfibrilhação externa. Procedeu-se a várias estratégias para resolver este problema, incluindo colocar o electrocatéter em posição septal, reverter a polaridade do choque e desconectar o *coil* proximal, todas sem êxito. Perante a eventualidade de soluções mais invasivas como colocar um *array* subcutâneo ou um *patch* epicárdico, decidiu-se adicionar por via transvenosa, um eléctrodo de desfibrilhação no seio coronário (SC). O procedimento foi realizado uma semana mais tarde, tendo sido colocado um eléctrodo Medtronic® (Ref. 6937 – 110 cm) numa veia tributária lateral esquerda através de uma

## CASE REPORT

**A** 34-year-old man, black, with idiopathic dilated cardiomyopathy, was admitted to the emergency department with decompensated heart failure. The transthoracic echocardiogram revealed a highly dilated left ventricle (LV) with poor global systolic function and ejection fraction estimated at 15%. During hospital stay his clinical condition improved under standard therapy with diuretics, vasodilators and beta-blockers; no specific anti-arrhythmic medication was prescribed. Continuous telemetric ECG monitoring showed several runs of nonsustained monomorphic ventricular tachycardia, and given the patient's family history of cardiopathy with sudden death, it was decided to implant an implantable cardioverter-defibrillator (ICD) for primary prevention. A single-chamber Medtronic Virtuoso® ICD capable of delivering a 35-J shock was implanted in left prepectoral position with a Sprint Quattro Secure® active fixation lead at the apex of the right ventricle (RV). A defibrillation test was performed after induction of ventricular fibrillation with a T-wave shock. The device correctly detected the arrhythmia and delivered a first biphasic 25-J shock with nominal configuration (coil distal to the generator and proximal coil – B>AX) which failed to terminate the arrhythmia. A second shock, of 35 J, also failed and external defibrillation was required. Various attempts were made to solve the problem, including placing the lead in septal position, reversing the shock polarity and disconnecting the proximal coil, all without success. In order to avoid more invasive procedures such as a subcutaneous array or epicardial patch, it was decided to place an additional defibrillator lead in the coronary sinus (CS) by a transvenous approach. This was performed a week later, a Medtronic® model 6937 shocking lead (110 cm) being positioned in a left lateral tributary vein using an Attain® MB2 sheath of the type often used to catheterize the CS, with an 8-cm coil and a surface area of 160 mm<sup>2</sup>. It was connected to the generator in the position of the proximal

bainha ATTAIN® MB-2 frequentemente utilizada para cateterizar o SC. Este eléctrodo possui um “coil” de 8 cm, correspondendo a uma superfície de 160 mm<sup>2</sup> e conectou-se ao gerador na posição do *coil* proximal. A localização do eléctrodo no SC foi confirmada através dos planos radiológicos convencionais (*Figuras 1 e 2*).

Posteriormente, procedeu-se a novo teste de desfibrilhação com o vector de choque dirigido ao gerador e ao eléctrodo do SC (configuração nominal, B>AX) que foi ineficaz a 25J. Porém, revertendo a polaridade do choque (AX>B) conseguiu-se desfibrilhar a 25J, tendo-se aceiteada esta margem de segurança de 10J para uma energia programada de 35J. Não houve qualquer complicação do procedimento e o doente teve alta cinco dias depois do mesmo. Aos seis meses, o doente encontrase bem e livre de eventos. A posição radiológica e os parâmetros eléctricos de ambos os eléctrodos permanecem estáveis (*Figura 3*).



*Figura 3.* Estudo radiológico de perfil aos três meses confirmando a posição posterior ventricular esquerda do eléctrodo.

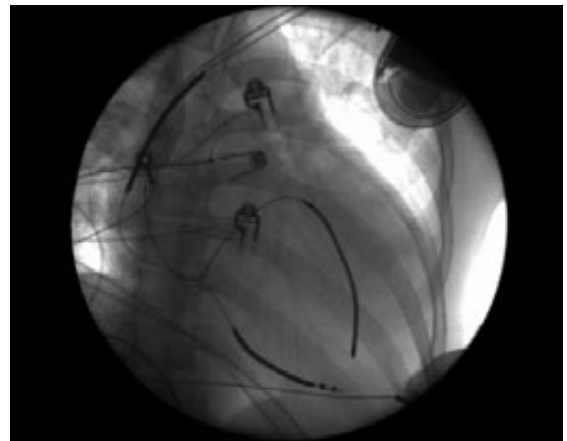
*Figure 3.* Radiological study, profile view, confirming the position of the lead in posterior left ventricular position.

coil. The position of the lead in the CS was confirmed by standard X-ray views (*Figures 1 and 2*). A further defibrillation test with the shock vector directed to the generator and to the CS lead (nominal configuration, B>AX) was ineffective at 25 J. However, by reversing the shock polarity (AX>B), defibrillation was successful at 25 J, and this safety margin of 10 J was accepted for 35 J programmed energy. The procedure was completed without complications and the patient was discharged 5 days later. At 6 months he was well and event-free. The radiological position and the electrical parameters of both leads were stable (*Figure 3*).



*Figura 1.* Projecção oblíqua anterior esquerda mostrando o posicionamento do “coil” de desfibrilhação numa veia cardíaca esquerda envolvendo a maior parte do ventrículo esquerdo.

*Figure 1.* Left anterior oblique view showing the position of the defibrillating coil in a left cardiac vein covering most of the left ventricle.



*Figura 2.* Projecção oblíqua anterior direita ilustrando a configuração do sistema com o eléctrodo do VD em posição apical e o “coil” adicional de choque numa veia cardíaca esquerda.

*Figure 2.* Anterior oblique right view showing the configuration of the system with the right ventricular lead in apical position and the additional shock coil in a left cardiac vein.

## DISCUSSÃO

Na nossa prática clínica, o verdadeiro limiar de desfibrilhação (DFT) não é calculado, em alternativa, aceita-se, como na maioria dos centros, uma margem de segurança de 10J em relação à energia programada no aparelho. Vários factores encontram-se associados a um DFT elevado, incluindo grande superfície corporal, tipo de cardiopatia subjacente (não-isquémica), fracção de ejeção muito baixa, ventrículo esquerdo muito dilatado, terapêutica com amiodarona, implantações do lado direito, isquémia e hipoxia<sup>(1,2)</sup>. No entanto, não existe um predictor isolado fidedigno de DFT elevado. De qualquer forma, o doente apresentado tinha de facto uma cardiopatia não-isquémica com ventrículo esquerdo muito dilatado e má função sistólica, fazendo prever a possibilidade de DFT elevado como foi o caso.

Perante este problema, a melhor solução é geralmente, reposicionar o eléctrodo no VD. Outras opções, são a reversão da polaridade do choque, experimentar diferentes configurações de onda de choque ou desconectar o *coil* da veia cava superior (VCS), mas os resultados obtidos são inconsistentes. As restantes alternativas implicam um novo procedimento invasivo, nomeadamente a implantação de um *array* subcutâneo ou de um *patch* epicárdico, mas podem levar a morbilidade e desconforto significativos para o doente.

O sucesso de uma tentativa de desfibrilhação está dependente do gradiente de voltagem provocado pelo choque. Estudos de mapeamento epi e endocárdico mostram diferentes campos eléctricos consoante as configurações dos eléctrodos, salientando a importância da posição dos eléctrodos ou da adição de um terceiro electródo para a obtenção de gradiente de voltagem homogéneo e eficaz<sup>(3,5)</sup>. O campo eléctrico da configuração convencional com o eléctrodo no VD, em termos espaciais, não é uniforme, com campos de menor magnitude ao nível da parede posterolateral do VE. No passado, experimentaram-se várias configurações de eléctrodos de modo a obter um gradiente de voltagem e

## DISCUSSION

In clinical practice, the actual defibrillation threshold (DFT) is not calculated; most centers accept a safety margin of 10 J in terms of the device's programmed energy. Several factors contribute to a high DFT, including large body surface area, non-ischemic underlying pathology, very low ejection fraction, highly dilated left ventricle, medication with amiodarone, right-sided implantation, ischemia and hypoxia<sup>(1,2)</sup>, but there is no reliable single predictor of high DFT. In the case presented here, the patient presented non-ischemic heart disease with severe LV dilatation and poor systolic function, so a high DFT was predictable.

In such situations, the best solution is usually to reposition the generator in the RV. Other options include reversing the shock polarity, changing the configuration of the shock wave or disconnecting the coil in the superior vena cava (SVC), but the results are inconsistent. Other alternatives entail a further invasive procedure such as implantation of a subcutaneous array or an epicardial patch, which can result in significant morbidity and discomfort for the patient.

The success of a defibrillation attempt depends on the voltage gradient caused by the shock. Epicardial and endocardial mapping shows different electrical fields according to lead configuration and highlights the importance of lead position or the addition of a third lead to obtain a homogeneous and effective gradient<sup>(3,5)</sup>. The electrical field in the conventional configuration (with the lead in the RV) is not uniform in spatial terms, since there are fields of lesser strength at the posterolateral LV wall. Various lead configurations have been tried in the past in order to obtain balanced voltage gradient and current density through the myocardium. It is worth noting that ICDs with epicardial patches have lower DFTs than endocardial systems, presumably because the patch covers a larger ventricular mass and thus provides a wider and more homogeneous electrical field<sup>(4)</sup>. Compared to the normal configuration,

densidade de corrente equilibrados através do miocárdio. Convém notar que os CDIs com *patches* epicárdicos têm DFTs menores que os sistemas endocárdicos, presumivelmente pelo facto dos *patches* cobrirem uma maior massa ventricular e assim, obterem um campo eléctrico abrangente e homogéneo <sup>(4)</sup>. Em comparação com a configuração usual, a implantação de um *coil* de desfibrilhação numa veia cardíaca esquerda através do seio coronário (SC) teria a vantagem de envolver uma maior massa ventricular esquerda e distribuir o campo eléctrico de uma forma mais uniforme, obtendo teoricamente um DFT menor.

A primeira descrição de um eléctrodo no SC para a cardioversão de arritmias ventriculares foi por Jackman e Zipes em 1982, utilizando um modelo canino e comparou o posicionamento de um eléctrodo 10F adicional ao do VD no SC com a configuração de um eléctrodo no VD e VCS, falhando em demonstrar benefício com o eléctrodo do SC <sup>(3)</sup>. Em 1990, Bardy et al, foram os primeiros a descrever em doentes que DFTs mais baixos poderiam ser obtidos com a adição de um eléctrodo no SC, o que foi atribuído ao envolvimento da porção postero-lateral do VE no campo de choque <sup>(6,7)</sup>. Mais recentemente, Maisel e colegas publicaram em 2000, uma série relativamente grande de 46 doentes, que demonstrou reduções estatisticamente significativas do DFT com o que designaram por “desfibrilhação biventricular”, porém apenas se o eléctrodo ventricular esquerdo ficasse colocado numa veia postero-lateral <sup>(8)</sup>. Este grupo registou uma redução até 45% da energia necessária para a desfibrilhação, uma elevada taxa de sucesso (89-91%) de cateterização e posicionamento do electrocatéter no SC com um atraso médio de 46 minutos do tempo de procedimento e sem complicações significativas <sup>(10)</sup>. Outro estudo defendeu a localização do *coil* na veia cardíaca média possivelmente pela sua estreita relação com o septo interventricular que foi identificado como um importante alvo para o sucesso da desfibrilhação ventricular <sup>(11)</sup>.

No entanto, apesar dos bons resultados descritos, a colocação de um eléctrodo de cho-

implanting a defibrillator coil in a left cardiac vein via the CS has the advantage of covering a greater portion of the LV mass and distributing the electrical field more uniformly, which in theory should lead to a lower DFT.

The first description of a CS lead for cardioversion of ventricular arrhythmias was in 1982 by Jackman and Zipes, who used a canine model to compare placement of a 10F CS lead in addition to the RV lead with the configuration RV and SVC; no benefit was seen with the CS lead <sup>(3)</sup>. In 1990, Bardy et al. were the first to report that lower DFTs could be obtained in humans with the addition of a CS lead, which was attributed to the inclusion of the posterolateral part of the LV in the shock field <sup>(6,7)</sup>. More recently, in a relatively large series of 46 patients published in 2000, Maisel et al. demonstrated statistically significant reductions in DFT with what they called “biventricular defibrillation”, although only when the LV lead was placed in a posterolateral vein <sup>(8)</sup>. This group found reductions of up to 45% in the energy required for defibrillation and a high success rate (89-91%) for catheterization and positioning of the lead in the CS; mean procedure time increased by 46 minutes and there were no significant complications <sup>(10)</sup>. Another study proposed placing the coil in the middle cardiac vein, possibly due to its proximity to the interventricular septum, which has been identified as an important target for successful defibrillation <sup>(11)</sup>.

Nevertheless, despite the good results reported, placement of a defibrillator lead in the CS remains a little-known option. Following the above studies, there have only been sporadic reports of cases similar to ours <sup>(12-15)</sup>.

In our opinion, this option should always be considered in cases of defibrillation failure or high DFT in centers with experience of CS catheterization: it is a relatively simple, safe and completely transvenous procedure that is highly likely to produce an appropriate DFT. It can also prolong the life of the ICD by enabling the programming of lower effective shock energies.

The disadvantages of this technique include the need for favorable cardiac vein

que no SC continua a ser uma opção pouco conhecida. Após os estudos previamente mencionados, apenas têm surgido alguns relatos esporádicos de casos semelhantes com o nosso <sup>(12-15)</sup>.

Acreditamos que esta opção deverá sempre ser considerada para os casos de insucesso no DFT ou de DFT elevado, em centros com experiência na cateterização do SC, dado que é um procedimento acessível, seguro e completamente transvenoso, que tem uma elevada probabilidade de obter um DFT adequado. Pode igualmente prolongar a longevidade do CDI se energias mais baixas forem eficazes e poderem ser programadas.

As desvantagens desta técnica incluem a dependência numa anatomia venosa cardíaca favorável e o facto que torna praticamente impossível a colocação de um eléctrodo adicional no SC, obrigando caso o doente se torne candidato a ressincronização cardíaca, à colocação de um eléctrodo epicárdico. Obviando este problema e de acordo com a mesma lógica de obtenção de um campo eléctrico mais uniforme, tem sido descrita com sucesso a colocação de um eléctrodo de desfibrilhação adicional na veia azigos para doentes com DFTs elevados <sup>(16-17)</sup>.

A disponibilidade de electrocatéteres adequados para a implantação no SC pode também ser problemática. Alguns fabricantes incluem no seu portfolio, eléctrodos de desfibrilhação específicos para o SC, como aquele que foi utilizado, no entanto não se encontram facilmente acessíveis na prática do dia-a-dia. Pensamos que o desenvolvimento de electrocatéteres para o SC deverá prosseguir, porventura com a incorporação de circuitos de *pacing e sensing*, tornando esta técnica mais apelativa, particularmente nos doentes com indicação para ressincronização cardíaca.

anatomy and the near impossibility of placing an additional lead in the CS should a patient require cardiac resynchronization, which would then necessitate placement of an epicardial lead. One solution to this problem that also achieves the goal of a more uniform electrical field is to place an additional defibrillator lead in the azygos vein for patients with high DFTs <sup>(16, 17)</sup>.

There may be problems with the availability of leads suitable for implantation in the CS. Some manufacturers list specific CS defibrillator leads among their products, such as the one used in this case, but they are not readily available in day-to-day practice. We believe that development of CS leads should continue, perhaps incorporating both pacing and sensing circuits, which would make this technique more appealing, particularly in patients with indication for cardiac resynchronization.

Pedido de separatas para:

Address for reprints:

Ricardo Gil Oliveira  
Serviço de Cardiologia  
Hospital Fernando da Fonseca  
Portugal  
Tel: (+351) 962 914 914  
e-mail: ricardogil@netcabo.pt

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

1. Epstein AE, Ellenbogen KA, Kirk KA et al. Clinical characteristics and outcome of patients with high defibrillation thresholds. A multicenter study. *Circulation*. 1992 Oct;86(4):1206-16
2. Lubinśki A, Lewicka-Nowak E, Ziencuk A et al. Clinical predictors of defibrillation threshold in patients with implantable cardioverter-defibrillators. *Kardiol Pol* 2005; 62: 323-328
3. Jackman WM, Zipes DP. Low-energy synchronous cardioversion of ventricular tachycardia using a catheter electrode in a canine model of subacute myocardial infarction. *Circulation* 1982;66:187-195
4. Roberts PR, Allen S, Smith DC et al. A systematic evaluation of conventional and novel transvenous pathways for defibrillation. *J Interv Card Electrophysiol*. 1999 Oct;3(3):231-8
5. Mocanu D, Kettenbach J, Sweeney MO et al. A comparison of biventricular and conventional transvenous defibrillation: a computational study using patient derived models. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2004 May;27(5):586-93
6. Bardy GH, Allen MD, Mehra R et al. An effective and adaptable transvenous defibrillation system using the coronary sinus in humans. *J AM Coll Cardiol*. 1990; 16: 887-895
7. Bardy GH, Allen RM, Johnson G et al. Transvenous defibrillation in humans via the coronary sinus. *Circulation*. 1990; 81: 1252-593
8. Meisel E, Butter C, Philippon F et al. Transvenous biventricular defibrillation. *Am J Cardiol*. 2000 Nov 2;86(9A):76K-85K
9. Butter C, Meisel E, Tebbenjohanns J et al. Transvenous biventricular defibrillation halves energy requirements in patients. *Circulation*. 2001 Nov 20;104(21):2533-2538
10. Butter C, Meisel E, Engelmann L et al. Human experience with transvenous biventricular defibrillation using an electrode in a left ventricular vein. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2002 Mar;25(3):324-31
11. Roberts PR, Paisey JR, Betts TR et al. Comparison of coronary venous defibrillation with conventional transvenous internal defibrillation in man. *J Interv Card Electrophysiol*. 2003 Feb;8(1):65-70.
12. Kesavan S, James M. Use of a defibrillation coil in the coronary sinus to reduce ventricular defibrillation threshold. *Br J Cardiol*. 2007; 14:111-15
13. Snow J, Larsen A, Cohen T. Transvenous biventricular defibrillation can improve defibrillation threshold. *PACE* 2004; 27: 1327-1328
14. Spurrell P, Gandhi M, Rinaldi CA. A biventricular ICD system with biventricular defibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2006 Mar;29(3):334-6
15. Saravanan P, Bennet D, Davidson N. Additional coronary sinus shocking lead improved defibrillation threshold. *Heart* 2007; 93: 1172
16. Cesario D, Bhargava M, Valderrábano M et al. Azygos vein lead implantation: a novel adjunctive technique for implantable cardioverter defibrillator placement. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2004 Jul;15(7):780-3
17. Cooper JA, Latacha MP, Soto GE et al. The azygos defibrillator lead for elevated defibrillation thresholds: implant technique, lead stability, and patient series. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2008 Nov;31(11):1405-10