

<蘇生研究紹介> 二重連続体外式除細動の間隔について

名寄市立総合病院 救命救急センター 砂田大貴

山形大学医学部救急医学講座 坂口 健人

旭川医科大学 救急医学講座 丹保 亜希仁

二重連続体外式除細動 (double sequential external defibrillation; DSED) は 2 台の除細動器を用いてパッドを 2 組装着し (前方-側方、前方-後方にパッドを貼付 (図 1)), 同時又は直ちに連続して除細動を実施する除細動の方法で、難治性心室細動 (refractory ventricular fibrillation; RVF) の治療法として研究されてきました。DSED の有用性については、2022 年に Cheskes らが従来の除細動と比較して院外心停止における難治性心室細動の症例に対し生存退院率を改善させることを示し (DOSE-VF 試験)¹、新しい治療法として期待されています。

しかし DSED の 2 回の除細動をどのタイミングで施行するか (「同時」なのか、「連続」なのか)、なぜ有効なのか、の理由については未だ明らかではなく、その機序として主に以下が考えられています。

- ① 心臓に加わる除細動の電流量の絶対値が増加することでより多くの心筋細胞を脱分極させることができる^{2,3}。
- ② 「連続」して除細動することで胸壁のインピーダンスが低下し、心臓に加わる電流量が増加する⁴。
- ③ 「連続」して除細動した場合、1 回目の電流により除細動閾値が低下した心筋細胞に 2 回目の電流が加わることでより除細動されやすくなる^{5,6}。
- ④ 「同時」または「連続」的に異なるベクトルの電流が加わることで、より多くの心筋細胞が脱分極する^{7,8}。

今回は 2024 年の *Resuscitation* 誌に掲載された「二重連続体外式除細動における除細動間隔が院外発症の難治性心室細動の予後に及ぼす影響⁹」に関する論文について紹介します。

DSED の有用性を示した DOSE-VF 試験では、DESD 群において生存退院率が高かったものの、最適な除細動の間隔については、明らかではありませんでした。DSED における最適な除細動の間隔を明らかにするために、本研究は DSED 間隔と心室細動の停止、ROSC、生存退院、神経学的予後との関連を評価することを目的としています。

後方視的観察研究として 2015 年 1 月から 2022 年 5 月の期間を対象とし、オンタリオ州 (カナダ) で実施されました。3 回の除細動実施後も心室細動が継続する場合を難治性心室細動 (RVF) と定義し、成人の院外心停止患者のうち、RVF に対し DSED を 1 回以上実施した症例を対象としました。除細動器の心電図記録から DSED の除細動の間隔を測定し、アウトカムは DSED 実施後 2 分以内の RVF の停止、ROSC、生存退院、神経学的予後と設定

し、ロジスティック回帰分析を行いました。なお本研究は RCT である DOSE-VF 試験の症例を含んでいます。

本研究では 106 名の患者が対象となり、303 回の DSED が実施され (中央値 2、IQR 1-3)、患者背景は、年齢 (中央値) 63 歳、目撃あり心停止 72.4%、Bystander CPR あり 57.5%、アドレナリン投与あり 92.5%、アミオダロン投与あり 82.1%、初回の DSED までの除細動回数は中央値 4 回でした。DSED 間隔については <75ms と比較し、75-125ms (OR 0.39、95% CI 0.16-0.98)、125-500ms (OR 0.36、95% CI 0.16-0.82)、>500ms (OR 0.27、95% CI 0.11-0.63) において RVF 停止の可能性が低く (図 2)、また DSED 間隔が >75ms の場合、<75ms と比較して ROSC の可能性が低いことが示されました (OR 0.37、95% CI 0.14-0.98、図 3)。一方、DSED 間隔と生存退院・神経学的予後に有意差は認めませんでした。

なお本研究の限界として、後方視的観察研究であること、生存退院や神経学的予後の評価を行うには症例数が少ないこと、体格 (BMI 等) を考慮していないことなどが挙げられます。

本研究では DSED 間隔が <75ms の場合に RVF の停止と ROSC 可能性を増加させることが示されました。

現在のところ蘇生に関するガイドラインの多くは DSED に対して消極的な立場となっています^{10 11 12}。しかし 2023 年 12 月に刊行された ILCOR SUMMARY STATEMENT では、3 回以上の除細動後も持続する成人の Vf/無脈性 V T に対して DSED (もしくはベクトル変化除細動: 前胸部・背面に 1 組の除細動パッドを貼り付ける) を考慮することを提言しております (弱い推奨、非常に低いエビデンス)¹³。有効性の一方で、DSED と除細動器の破損の関連性も指摘されております。現場で運用するには除細動器の性能や品質管理の向上が必要だという意見もあります⁹。検討すべき課題は多いものの、DSED は高度な技能や設備等を要さずに実施することが可能であり、さらなる知見の集積により今後の蘇生治療を大きく変える可能性があると考えています。

(参考文献)

1 Cheskes S, Verbeek PR, Drennan IR, et al. Defibrillation Strategies for Refractory Ventricular Fibrillation. *N Engl J Med*. 2022 Nov 24;387(21):1947-1956. doi:10.1056/NEJMoa2207304. Epub 2022 Nov 6.

2 Stiell IG, Walker RG, Nesbitt LP, et al. BIPHASIC Trial: a randomized comparison of fixed lower versus escalating higher energy levels for defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation*. 2007 Mar 27;115(12):1511-7. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.648204. Epub 2007 Mar 12.

3 Leacock BW. Double simultaneous defibrillators for refractory ventricular fibrillation. *J Emerg Med.* 2014 Apr;46(4):472-4. doi: 10.1016/j.jemermed.2013.09.022. Epub 2014 Jan 21.

4 Chen B, Yin C, Ristagno G, et al. Retrospective evaluation of current-based impedance compensation defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2013 May;84(5):580-585. doi:10.1016/j.resuscitation.2012.09.017. Epub 2012 Sep 20.

5 Hoch DH, Batsford WP, Greenberg SM, et al. Double sequential external shocks for refractory ventricular fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 1994 Apr;23(5):1141-5. doi: 10.1016/0735-1097(94)90602-5

6 Pourmand A, Galvis J, Yamane D. The controversial role of dual sequential defibrillation in shockable cardiac arrest. *Am J Emerg Med.* 2018 Sep;36(9):1674-1679. doi: 10.1016/j.ajem.2018.05.078. Epub 2018 Jun 1.

7 Chang MS, Inoue H, Kallok MJ, et al. Double and triple sequential shocks reduce ventricular defibrillation threshold in dogs with and without myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 1986 Dec;8(6):1393-1405. doi: 10.1016/s0735-1097(86)80313-8.

8 Taylor TG, Melnick SB, Chapman FW, Walcott GP. An investigation of inter-shock timing and electrode placement for double-sequential defibrillation. *Resuscitation.* 2019 Jul;140:194-200. doi:10.1016/j.resuscitation.2019.04.042. Epub 2019 May 4.

9 Rahimi M, Drennan IR, Turner L, et al. The impact of double sequential shock timing on outcomes during refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2024 Jan;194:110082. doi:10.1016/j.resuscitation.2023.110082. Epub 2023 Dec 11.

1 0 Panchal AR, Bartos JA, Cabañas JG, et al. Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation.* 2020 Oct 20;142(16_suppl_2): S366–S468. doi: 10.1161/CIR.0000000000000916. Epub 2020 Oct 21.

1 1 Soar J, Böttiger BW, Carli P, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation.* 2021 Apr;161:115-151. doi:

10.1016/j.resuscitation.2021.02.010. Epub 2021 Mar 24.

1 2 JRC 蘇生ガイドライン 2020 作成編集委員会：JRC 蘇生 ガイドライン 2020, 医学書院, 東京, 2021.

1 3 Berg KM, Bray JE, Ng KC, et al. 2023 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Pediatric Life Support; Neonatal Life Support; Education, Implementation, and Teams; and First Aid Task Forces. *Circulation*. 2023 Dec 12;148(24) :e187-e280. doi: 10.1161/CIR.0000000000001179. Epub 2023 Nov 9.

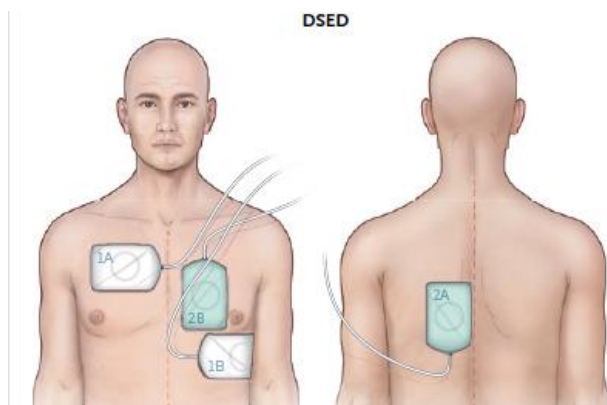


図1 DESD における 2 組のパッドの貼付位置の例 (出典 1 より)

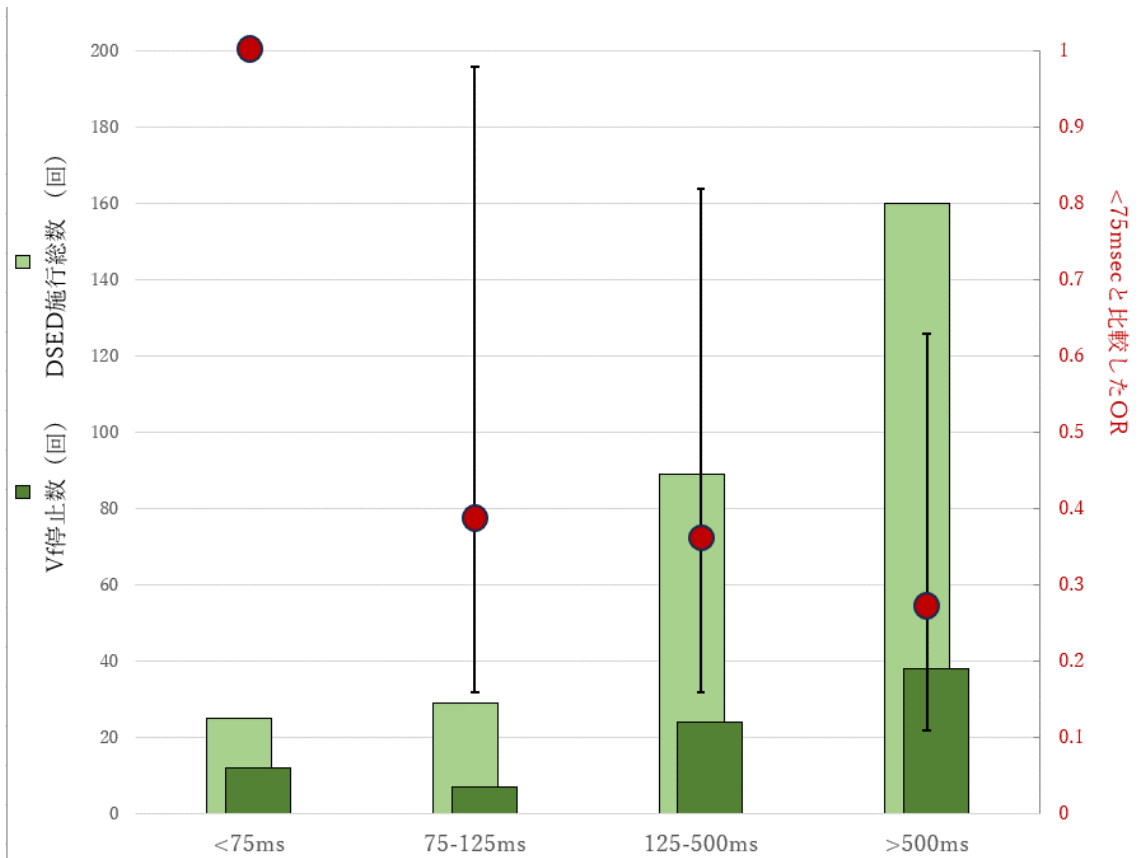


図2 DSED 間隔と RVF 停止の関係 (Table 2 を元に作成)

DSED 間隔 <75ms と比較し、75-125ms (OR 0.39、95% CI 0.16-0.98)、125-500ms (OR 0.36、95% CI 0.16-0.82)、>500ms (OR 0.27、95% CI 0.11-0.63) において RVF 停止の可能性が低かった。

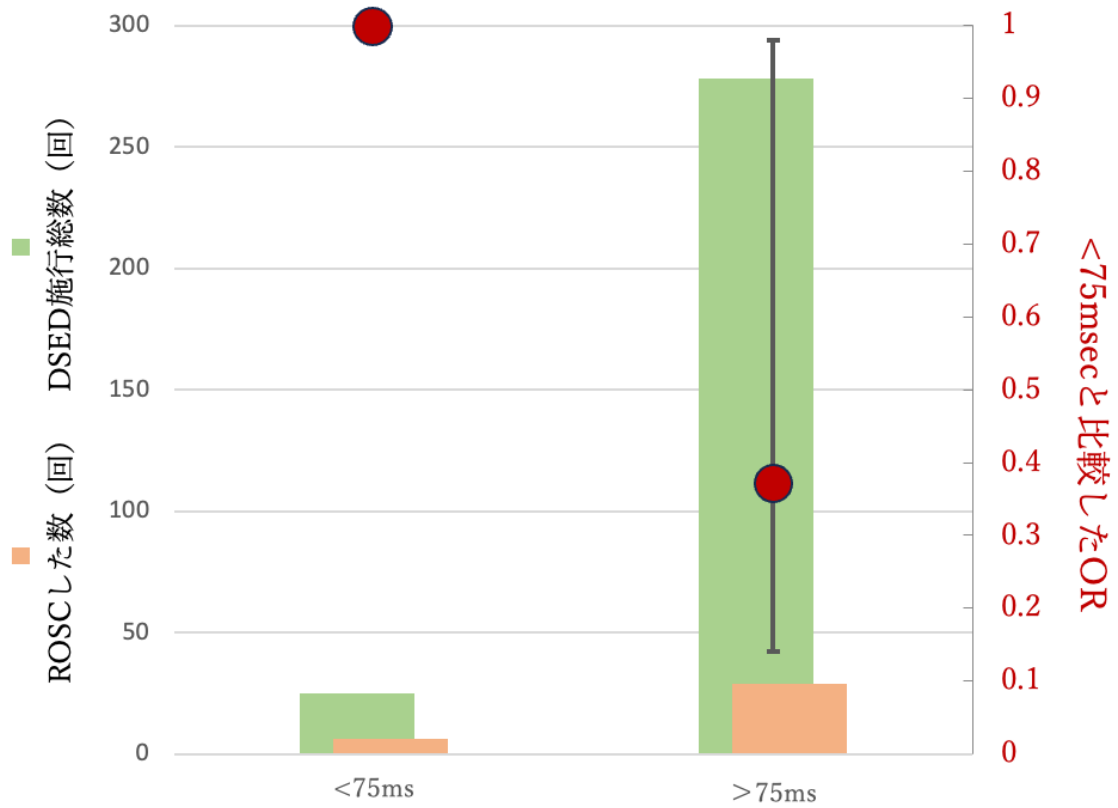


図3 DSED 間隔と ROSC の関係 (Table 3 を元に作成)

DSED 間隔 <75ms と比較し、>75ms の場合 ROSC の可能性が低かった (OR 0.37、95% CI 0.14-0.98)