

なぜ最初の放電量は200Jなのか？  
除細動閾値とは

臨床経験的に除細動閾値: 200J  
(Weaver 1982)  
200J 以下では除細動効果は認められない  
200J 以上では放電量を増加させても効果に  
変化はない

国士館大学スポーツ医科学科 13

---

---

---

---

---

---

---

---

なぜ200→300→360Jと増量すると  
除細動効果がえられるのか？

- 初回除細動直後: インピーダンス 約8%低下
- その後: インピーダンス 約4%低下
- 3連続通電が推奨

国士館大学スポーツ医科学科 14

---

---

---

---

---

---

---

---

体の電気抵抗: インピーダンス

- 抵抗を高くするもの
- 1. 皮膚の状態: 乾燥
- 2. 体毛: 多ければ剃る
- 3. 脂肪
- 4. 骨
- 5. 体腔内の空気

---

---

---

---

---

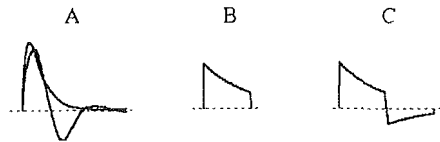
---

---

---

### 電気ショック時の通電波形

- ・サインカーブ様: 単相性、二相性波形
- ・台形様: 単相性波形
- ・台形様: 台形様の単相性波形を組み合わせた二相性波形




---

---

---

---

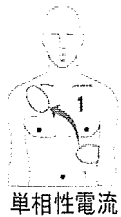
---

---

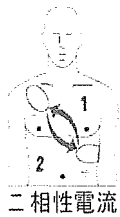
---

---

### 除細動時の波形と電流の流れ



単相性電流



二相性電流

- 単相性波形:  
電流は一方向に流れる
- 二相性波形:  
電流は二方向に流れる

---

---

---

---

---

---

---

---

### 電気的除細動の成功条件

心室細動の停止: ある一定量以上の心室筋が脱分極する

- 二相性波形:  
第一相波: 脱分極しやすい準備状態を作る  
第二相波: 脱分極させる  
→ 単相波形に比べ除細動閾値エネルギーが低くなる

新たな心室細動を誘発しない

- 単相性波形: 電気ショック後の心室筋に陽性と陰性の帯電領域が生じ、電圧差が発生し新たな心室細動が誘発される。
- 二相性波形: 第二相波が、第一相波で生じた電圧の差を消去するので新たな心室細動は誘発されにくくなる。

---

---

---

---

---

---

---

---

## 二相性 技術開発の歴史

40年以上前から開発されていた

- 1959 両極性(二相性)の経胸郭(胸壁を介した)除細動器製作
- 1967 二相性減衰正弦波の経胸郭(胸壁を介した)除細動器(Gurvichにより)を発表
- 1988 全ての植え込み型除細動器が二相性波形へ移行
- 1996 二相性切断指数波の体外式除細動器がFDA承認取得

---

---

---

---

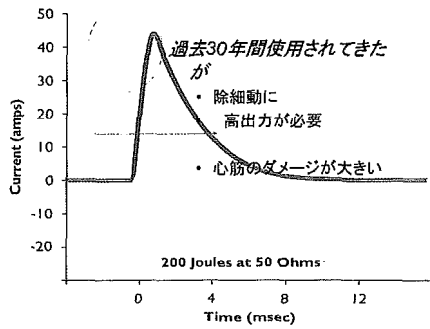
---

---

---

---

## モノフェーシック除細動器



---

---

---

---

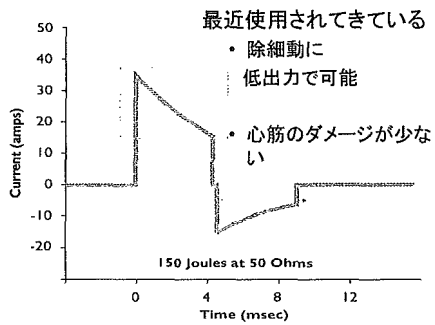
---

---

---

---

## バイフェーシック(第一世代)



---

---

---

---

---

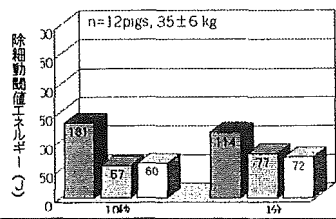
---

---

---

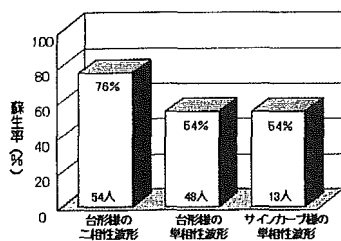
### 心室細動持続時間と各通電波形の除細動閾値エネルギー

- 心室細動の持続時間が長くなっても二相性波形の除細動閾値エネルギーは単相性波形に比べて低い
- Yamanouchi Y, et al. PACE 1999;22:1481-1487.



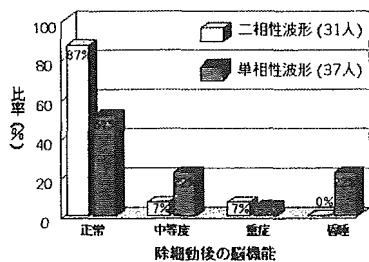
### 通電波形と蘇生率

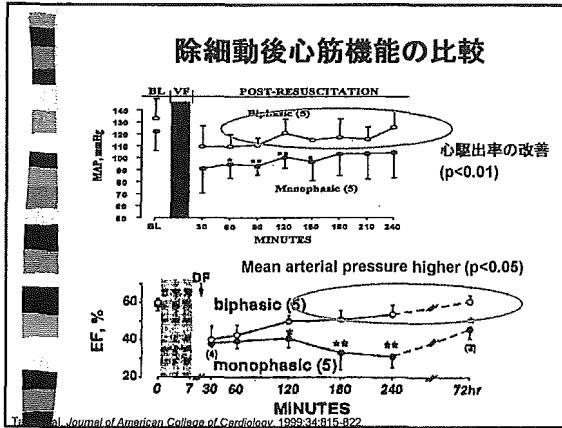
- 二相性波形による電気ショックの蘇生率が単相性波形よりも高い
- Martens PR, et al. Resuscitation 2001;49:233-243.



### 通電波形と脳後遺症

- 通電波形に二相性波形を使用したほうが、単相性波形に比較して蘇生後の脳後遺症が少ない
- Shneider T, et al. Circulation 2000;102:1780-1787.






---

---

---

---

---

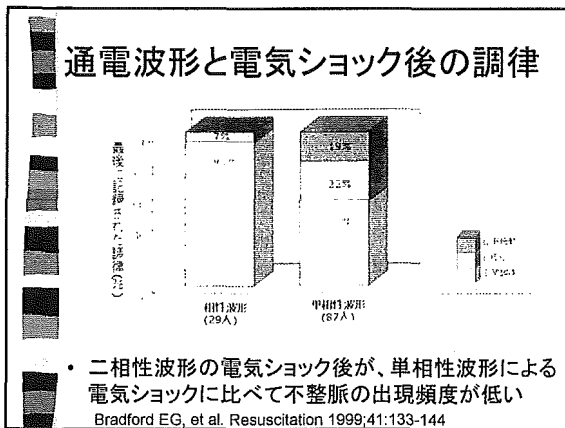
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

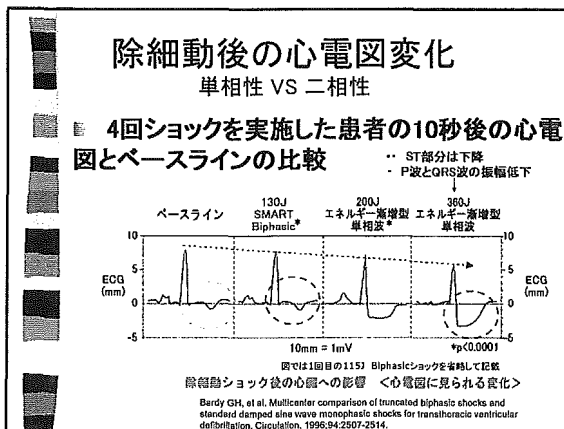
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

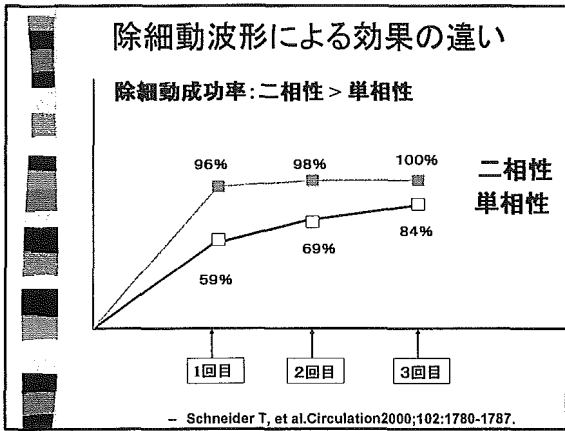
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- ### 二相性波形による除細動の利点
- 単相性波形と比較して
    1. 低エネルギーで除細動可能
    2. 除細動成功率・蘇生率が高い
    3. 心筋へのダメージが少ない
    4. 電気ショック後の不整脈出現が少ない
    5. 脳後遺症が少ない

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 除細動器の種類

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

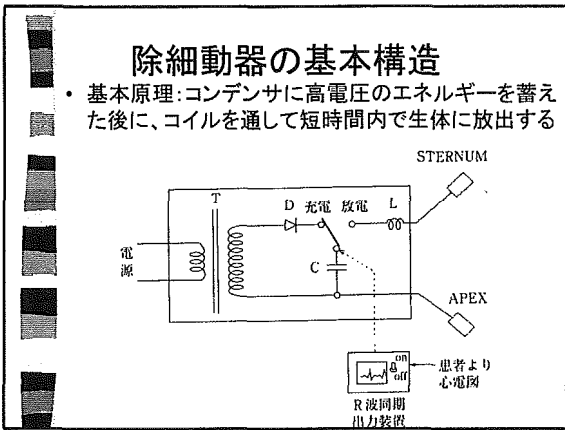
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### 半自動式・自動式の差異

- AED: automated external defibrillator
- 自動体外式除細動器
  - 心室細動波形を自動認識する機能を有する除細動器
  - 日本では救急救命士の使用に際し医師の指示を受けたうえでボタンを押すという意味から「半自動式」と名付けられた
  - 「全自動」は何時通電が起こるか分からず、感電の恐れがあり危険である
  - 単相性波形: monophasic AED
  - 二相性波形: biphasic AED
- PAD: public access defibrillator
  - 市民がAEDを用いて行う除細動
  - より軽量、小型に
- 手動式除細動器・医療機関

---

---

---

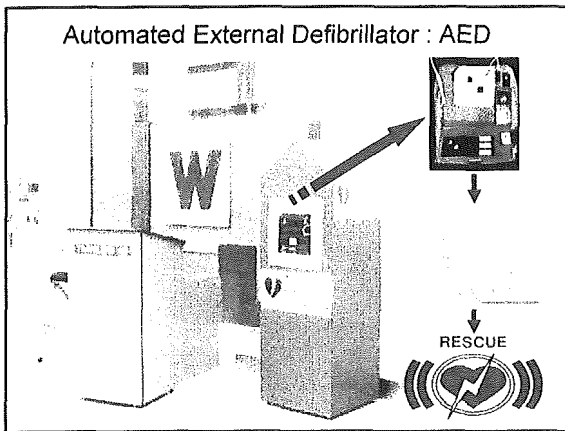
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### 2相性通電方式の自動除細動器

Heartstart FR2

単相性放電      2相性放電

2相性は単相性と比較して 心筋障害等合併症が少ない  
 40%~75%の少ない放電量 小型化  
 で除細動効果が得られる

---

---

---

---

---

---

---

---

### ICD (Implantable Cardioverter Defibrillator)

#### 植え込み型除細動器

- 対象: 心室頻拍または心室細動を一回以上確認されている者
- 機能: 心室頻拍、心室細動に反応し本体と経静脈的に設置された心内膜電極に2相性通電する(通常10~20J)
- ペースメーカーの機能も有する

6 × 6cm

ICD本体

リード線先

---

---

---

---

---

---

---

---



## 除細動の適応

---

---

---

---

---

---

---

---

- ### 除細動の適応
- 電気的除細動 (electrical defibrillation)
    - 心室細動
  - 電気的通電 (cardioversion)
    - 心房細動
    - 心室細動以外の頻脈性不整脈
    - ・絶対不応期であるR波出現時に同期させて放電→心室細動の誘発を防ぐ

---

---

---

---

---

---

---

---

### 同期および非同期除細動の違い

特徴	同期	非同期
心電図の読み取り	読み取る	読み取らない
T波上に放電	可能性ない	可能性ある
問題点	放電までに時間を要する	心室細動以外の不整脈で心室細動誘発
適応	上室性頻拍・心房細動 脈あり心室頻拍	心室細動 脈なし心室頻拍
半自動除細動器	マニュアル変更の必要	通常設定
手動式除細動器	選択可	選択可

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動:対象者

- 意識がない(JCS300)
- 自発呼吸なし
- 循環のサインなし
- 総頸動脈で脈拍なし
- 心電図波形:心室細動(VF)、心室頻拍(VT)
- 自動体外式除細動器の解析で除細動の適応あり

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動:禁忌

- 8歳未満
- 体重25kg未満の傷病者
- どちらか1つ該当すれば実施できない

- 小児の平均体重
    - 8歳児の平均体重:男27.5Kg 女26.7Kg
    - 7歳児:男24.3kg 女23.6kg
    - 9歳児:男31.0kg 女30.3kg
- (2004年文部科学省 学校保健統計調査)

---

---

---

---

---

---

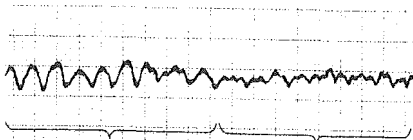
---

---

## 心室細動



無秩序な心室の脱分極で有効な心拍動をしていない  
致死性不整脈のひとつ



P波・QRS波:存在しない  
基線が小さく波打つ(細動波)のみ

---

---

---

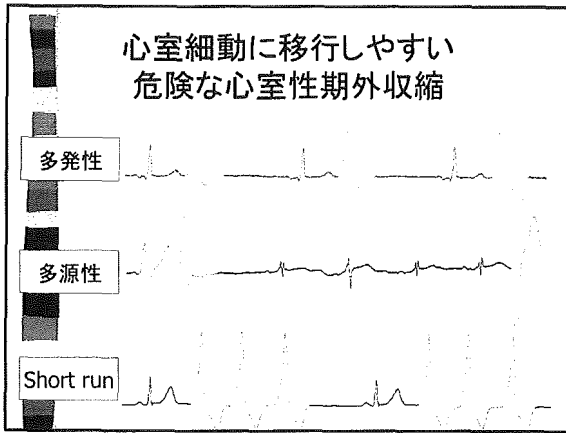
---

---

---

---

---




---

---

---

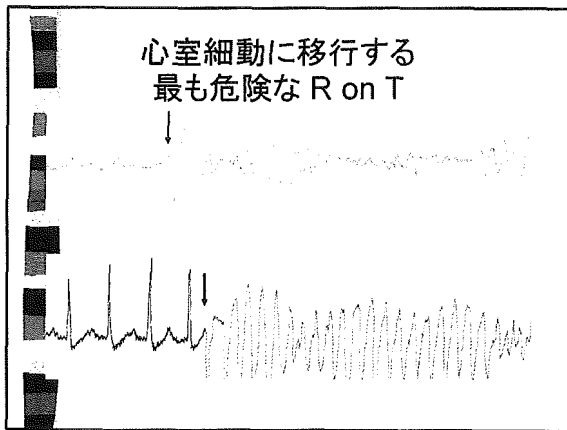
---

---

---

---

---




---

---

---

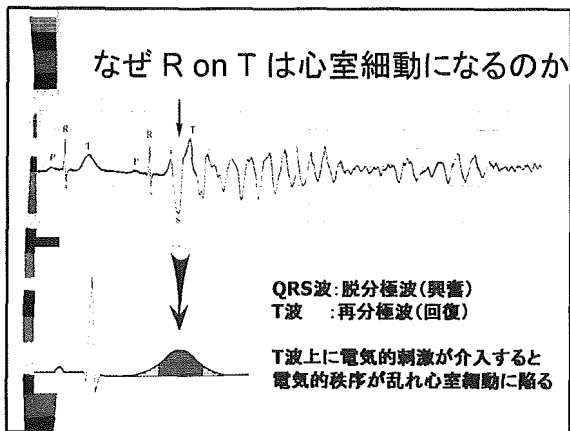
---

---

---

---

---




---

---

---

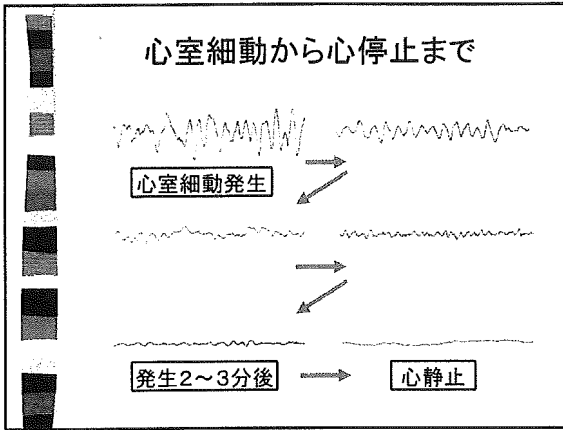
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

- ### 心室細動を合併する代表的疾患
1. 急性心筋梗塞(虚血性心疾患)
  2. 拡張型心筋症、肥大型心筋症、心筋炎
  3. 心不全状態、ショック状態、低酸素状態、アシドーシス
  4. 心臓手術後(特に永久ペースメーカー)
  5. QT延長症候群
  6. 電解質異常(K、Ca、Mg)
  7. 薬物(抗不整脈薬・強心剤・利尿剤・抗精神病薬)
  8. 熱中症・低体温
  9. 運動

---

---

---

---

---

---

---

---

### 心室頻拍症: 脈あり・脈なし

**脈あり心室頻拍(stable VT)**  
 心拍数<150/分  
 血圧>90mmHg  
 同期: 放電量100J→200J  
 薬物療法が第一選択もある  
 半自動除細動器が作動し  
 心室細動に移行することがある

**脈なし心室頻拍(unsustained VT)**  
 心拍数<150/分  
 血圧<90mmHg  
 同期: 放電量200J→300J  
 薬物療法が第一選択  
 半自動除細動器が作動し  
 心室細動に移行することがある

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動器を救急現場に搬入する

- 心肺停止状態
- 意識障害(失神発作)
- 胸痛・呼吸困難(心疾患を疑う)
- 運動中に出現
- 心疾患や失神発作の既往
- 突然死の家族歴
- 心電図および現場の音声記録を残す

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動の実際

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動:忘れてはいけないこと

絶え間ない心臓マッサージ  
脈拍確認(パルスチェック)  
心電図のモニター波形は自分で確認

- 波形を嚙呑みにしない
- 心静止:フラットラインプロトコル  
電極の装着状態を確認  
心電図の誘導を変えてみる  
心電図の感度を上げてみる  
→ 潜んでいるかもしれないVFを探す

---

---

---

---

---

---

---

---

### 除細動実施前の準備

1. 傷病者の金属類を外す
2. ニトログリセリン貼付剤を外す
3. 水に濡れていないか  
→発汗、浴室、プール等
4. ペースメーカーやICDから離してパッドを貼付する
5. 閉鎖空間で高濃度酸素や可燃性ガス等の存在下で実施しない  
→爆発の危険性がある。BVMは少しでも遠ざけよう

---

---

---

---

---

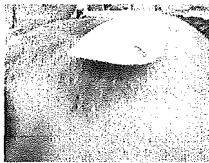
---

---

---

### AED使用時の注意点

1. 胸毛の剃毛
2. ネックレスの除去
3. 水分の除去
4. 貼り薬の除去
5. ペースメーカーの存在



---

---

---

---

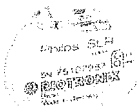
---

---

---

---

### 除細動実施前に注意するもの



---

---

---

---

---

---

---

---

**ニトロダーム(貼付剤)には注意**

肌色でわかりにくい

近くにパッドを張らない

過去には爆発したことも

---

---

---

---

---

---

---

---

**ペースメーカー?**

- 左鎖骨下の皮下の出っ張りに注意

電極パッドはPMIから2.5-3cm以上離して!

---

---

---

---

---

---

---

---

**除細動の実際: 解析・充電**

- 解析中は傷病者の体から全て離れる
- 解析時間: 約6~12秒
- 充電完了時間: 約6~15秒
- 連続除細動時、機種によっては心マッサージ波形で自動解析ができなくなり、心マッサージを実施できない場合がある

57

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動の実際: 同意を求める説明

### 1. 現在の傷病者の状態

- 意識がなく、呼吸もしていない
  - ・ 脈がなく心臓が震えている(心臓が痙攣している)状態
  - ・ 心室細動と言って心臓が震えている状態で血液を送りだせない状態

### 2. 除細動の必要性

- ・ この器械(手で示す)で心臓に電気ショック(電気刺激)を与える
- ・ 元にもどる(心臓の痙攣(震え)が取まる)可能性がある

### 3. 同意を求める説明

- ・ 最後に「よろしいですね」と言う
- ・ 「よろしいですか」→「どうですか」

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動の実際: 通電

- ・ 除細動実施回数の確認
- ・ 肉眼で心室細動波形の確認
- ・ 周囲の状況確認
  - One, I'm clear.: 自分が傷病者に接触していない
  - Two, You're clear.: 傷病者の安全  
隊員が接触していない
  - Three, Everybody clear.: 誰も(家族も)接触していない
  - Oxygen clear: 酸素を遠ざけよう
  - Shock!

---

---

---

---

---

---

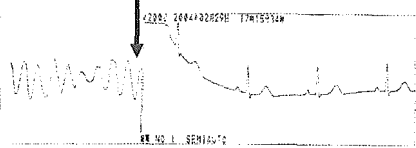
---

---

## 除細動の実際: 通電



放電ボタンON



---

---

---

---

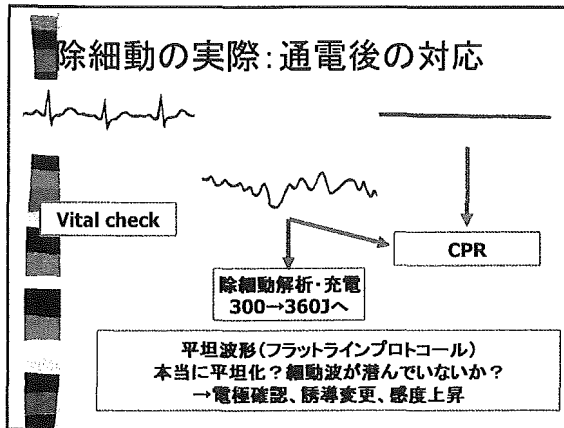
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---

### 除細動の実際: 通電後の説明

- 家族への結果説明
  - 電気ショックの結果、心拍は感じられるようになりましたが、まだ呼吸はもどりません。
  - 電気刺激を与えましたが、まだ人工呼吸と心臓マッサージが必要な状態です。
    - (上記に続けて)呼吸の状態を少しでも良くするために、医師の指示を受けて、この器具(見せながら)を口に挿入します。よろしいですね。(了解したら、気道確保器具の禁忌事項を問診で確認する)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 除細動の実際: 通電後の報告

- 除細動の救命士報告
  - 報告者の所属氏名: 東京救急隊救命士××です。
  - 傷病者の状態: CPAになった状況(簡潔に)
  - 除細動の経過:
    - 適応: 意識なし、脈なし、呼吸なし(CPA状態)
    - 心電図波形: 心室細動、心室頻拍
    - 実施: プロトコルに従って、エネルギー:  $\Delta\Delta J$ で
    - 実施回数: ○○回実施
    - 結果: QRS波形出現、洞調律、心静止、VF継続
  - 特定行為をしないで搬送: 除細動結果の救命士報告
- 特定行為(気道確保・静脈路確保)指示要請
  - 除細動の救命士報告に指示要請を続ける

---

---

---

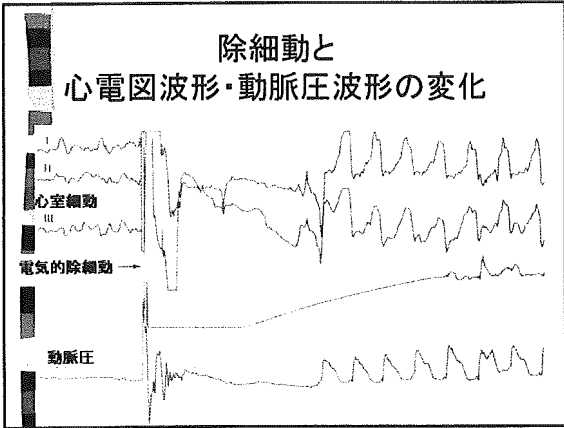
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

- ### 除細動の代表的合併症
- 表層性熱傷 (I 度熱傷)
  - 心筋損傷
  - 肋骨骨折
  - 不整脈
- 通電量が多くなると合併症も多くなる  
 200J 約6% → 360J 約30%  
 (熱傷: ほぼ全例でおこる)
- 65

---

---

---

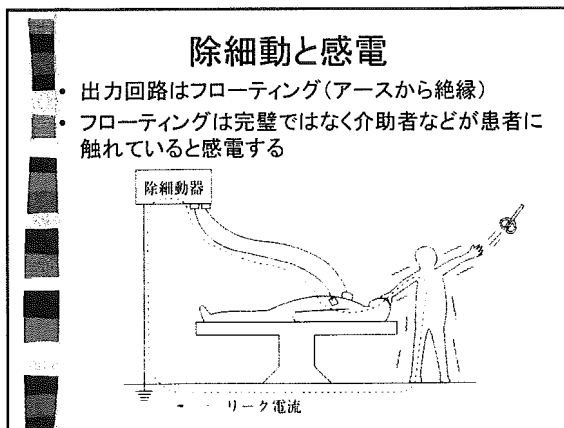
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動の注意点:まとめ

### 除細動は迅速に実施

Vital sign の確認  
CPRとの連続  
心室細動の判断  
除細動器の扱い  
効果の確認  
家族の説明

### 除細動の危険性認知

適応と禁忌の判断  
傷病者の体表確認  
傷病者の周囲確認  
隊員の安全確認  
周囲者の安全確認  
施行場所の危険認知  
除細動の合併症を知る

---

---

---

---

---

---

---

---

## 包括指示による 除細動

---

---

---

---

---

---

---

---

## 包括指示による除細動

- 早期除細動の実施
- 地域のMC体制が確立された上でのOff Line (間接的事前(前向き))MC の1つである。
- 事前に準備していない事態が発生した場合には、必ず速やかにOn Line(直接的)MCを受ける。
- プロトコルや実施上の適切性を必ず事後検証する。
- 責任の所在
  - 直接の実施責任: 救急救命士
  - プロトコルに対する責任: 救急医療協議会など

---

---

---

---

---

---

---

---

## 除細動:もはや特定行為ではない

- 救急救命士法
  - 救急救命士は診療の補助として救急救命処置を行うことができる
  - 救急救命処置: 医師の具体的指示が必要なもの(特定行為)とそうでないものの2種類
- 救急救命士法施行規則(厚生労働省令改正)の一部改正
  - 平成15年4月1日
  - 第21条: 特定行為から除細動が削除された
  - 医師の具体的指示を必要としない救急救命処置

---

---

---

---

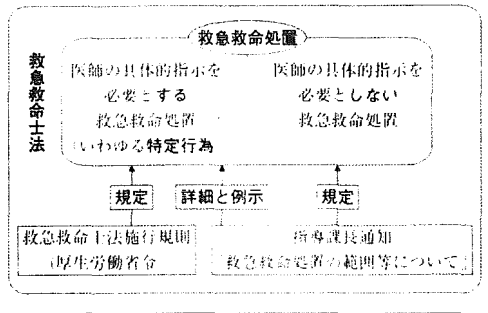
---

---

---

---

## 救急救命処置の具体的な内容を規定する法令・通知




---

---

---

---

---

---

---

---

## 救急救命処置の範囲

救急救命士法施行規則(厚生労働省令)第21条の2(救急救命処置の範囲)第1項

救急救命士は、医師の具体的指示を必要とする救急救命処置(いわゆる特定行為)及び医師の具体的指示を必要としない救急救命処置を行うことができる。

救急救命士は、医師の具体的指示を必要とする救急救命処置(いわゆる特定行為)を行うときは、医師の具体的指示を受ける必要がある。

救急救命士は、医師の具体的指示を必要としない救急救命処置を行うときは、医師の具体的指示を受ける必要はない。

救急救命士は、医師の具体的指示を必要とする救急救命処置(いわゆる特定行為)を行うときは、医師の具体的指示を受ける必要がある。

救急救命士は、医師の具体的指示を必要としない救急救命処置を行うときは、医師の具体的指示を受ける必要はない。

平成15年4月改正後

---

---

---

---

---

---

---

---