第63回　電気通信大学セミナー2018.4.27

失神・心臓突然死に関する従来法よりも低侵襲な診断・治療・予防について

防衛医科大学校　集中治療部
橋本賢一

本日の講演内容

Ⅰ.①心臓突然死に関する疫学
②非侵襲的心臓突然死リスク評価検査
ⅰ)SAECG(加算平均心電図）
ⅱ)T波オルタナンス(TWA)
ⅲ）心拍変動解析(HRV)
ⅳ）ハートレートタービュランス(HRT)
③心臓突然死の治療・予防について

Ⅱ.完全皮下植込み型除細動器(S-ICD)について

Ⅲ.着脱型自動除細動器について

テーマ
多方面から心臓を診る

Key word

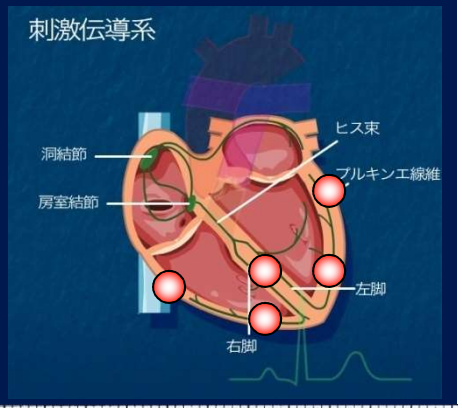
- ホルター心電図
- 加算平均心電図
- 心房細動（発作性心房細動）
- 心室期外収縮
- 心室頻拍
- 心室細動

心臓突然死とは？

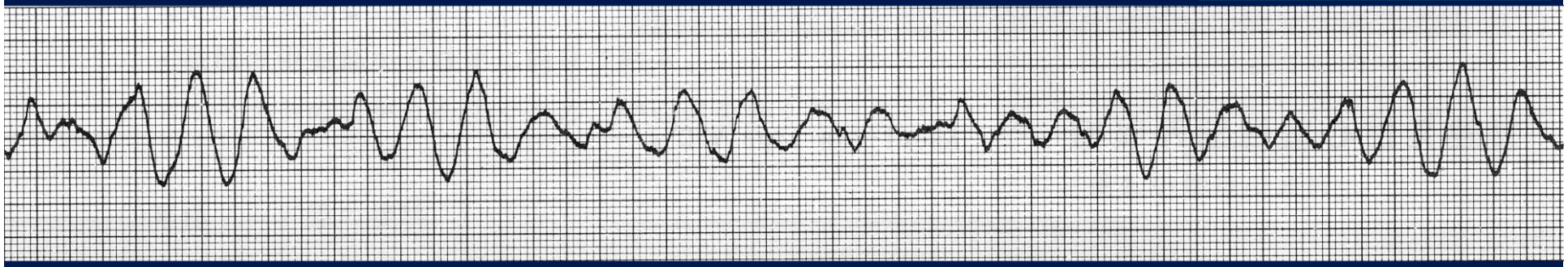
- 突然死とは健康そうに見えた人が予期せず突然帰らぬ人になる事であり、医学的には「症状が出現してから24時間以内の予期しない内因死」と定義されています。

- 我が国では年間約12万人の突然死があり、このうち約7万人が心臓の異常が原因となる心臓突然死です。実に1日約190人もの人が心臓突然死している計算になります。

突然死を引き起こす危険な不整脈

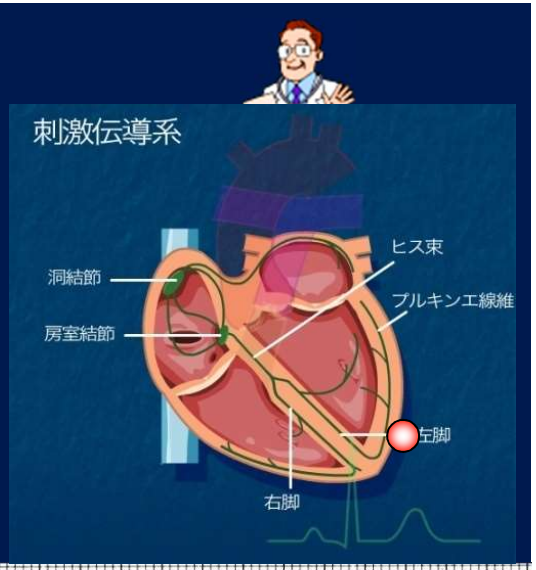


心室細動
(Ventricular fibrillation)

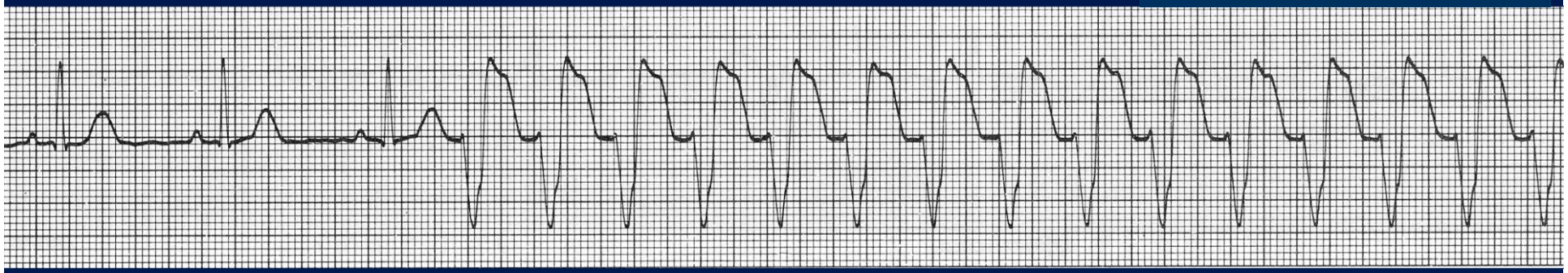


- 不規則で複雑な波形が続きR波やT波の区別は付かない
- 頻拍により血圧、心拍質量が著しく低下

突然死を引き起こす危険な不整脈



心室性頻拍
(Ventricular Tachycardia)



- 心拍数は140～180bpmになる
- R-R間隔は規則正しい
- VPCが11個以上出現する
- 頻拍により血圧、心拍質量が著しく低下

質問

- 日本における心肺停止者はこの10年間で

①低下傾向にある。
②横ばいである。
③増加傾向である。

心肺停止者傷病者数

第63表　応急手当の実施及び救命効果の推移

（単位：人）

	救急隊が搬送した全ての心肺停止傷病者数		家族等により応急手当が実施された傷病者数		うち1ヵ月後生存者数		家族等による応急手当が実施されなかった傷病者数		うち1ヵ月後生存者数	
平成6年	31,206	(100.0)	4,172	(13.4)	185	(4.4)	27,034	(86.6)	617	(2.3)
平成7年	72,016	(100.0)	9,389	(13.0)	437	(4.7)	62,627	(87.0)	1,531	(2.4)
平成8年	72,542	(100.0)	10,954	(15.1)	446	(4.1)	61,588	(84.9)	1,488	(2.4)
平成9年	76,272	(100.0)	12,901	(16.9)	605	(4.7)	63,371	(83.1)	1,541	(2.4)
平成10年	80,970	(100.0)	15,923	(19.7)	830	(5.2)	65,047	(80.3)	1,733	(2.7)
平成11年	83,353	(100.0)	19,212	(23.0)	861	(4.5)	64,141	(77.0)	1,807	(2.8)
平成12年	84,899	(100.0)	21,121	(24.9)	881	(4.2)	63,778	(75.1)	1,964	(3.1)
平成13年	88,058	(100.0)	23,398	(26.6)	879	(3.8)	64,660	(73.4)	2,003	(3.1)
平成14年	91,691	(100.0)	25,491	(27.8)	1,065	(4.2)	66,200	(72.2)	2,160	(3.3)
平成15年	94,845	(100.0)	29,255	(30.8)	1,267	(4.3)	65,590	(69.2)	2,245	(3.4)
平成16年	94,920	(100.0)	31,815	(33.5)	1,376	(4.3)	63,105	(66.5)	2,363	(3.7)
平成17年	102,738	(100.0)	34,539	(33.6)	1,553	(4.5)	68,199	(66.4)	2,816	(4.1)
平成18年	105,942	(100.0)	37,381	(35.3)	1,912	(5.1)	68,561	(64.7)	3,029	(4.4)
平成19年	109,461	(100.0)	42,892	(39.2)	2,393	(5.6)	66,569	(60.8)	3,254	(4.9)
平成20年	113,827	(100.0)	46,306	(40.7)	2,770	(6.0)	67,521	(59.3)	3,264	(4.8)
平成21年	115,250	(100.0)	49,249	(42.7)	3,101	(6.3)	66,001	(57.3)	3,393	(5.1)
平成22年	123,095	(100.0)	52,541	(42.7)	3,414	(6.5)	70,554	(57.3)	3,813	(5.4)
平成23年	127,109	(100.0)	54,652	(43.0)	3,390	(6.2)	72,457	(57.0)	3,695	(5.1)
平成24年	127,866	(100.0)	56,692	(44.3)	3,635	(6.4)	71,174	(55.7)	3,801	(5.3)
平成25年	123,987	(100.0)	55,695	(44.9)	3,732	(6.7)	68,292	(55.1)	3,803	(5.6)
平成26年	125,951	(100.0)	59,445	(47.2)	4,042	(6.8)	66,506	(52.8)	3,674	(5.5)
平成27年	123,421	(100.0)	59,420	(48.1)	4,155	(7.0)	64,001	(51.9)	3,647	(5.7)
合計	2,169,419	(100.0)	752,443	(34.7)	42,929	(5.7)	1,416,976	(65.3)	57,641	(4.1)

（総務省消防庁調べ）

心肺停止者傷病者数

第89表　心原性心肺機能停止を目撃した傷病者のうち、初期心電図波形が VF 又は無脈性 VT の生存率（10 ヵ年比較）

区分 ＼ 年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年
心原性の心肺機能停止症例	57,182	59,001	63,283	64,959	68,293	71,660	73,023	75,397	76,141	73,697
心肺機能停止の時点を目撃した症例	23,258	24,160	25,596	26,062	28,098	29,001	29,312	31,192	31,169	30,329
うち、一般市民が目撃した症例	18,897	19,707	20,769	21,112	22,463	23,296	23,797	25,469	25,255	24,496
うち、初期心電図波形がVF/VTである症例	4,329	4,403	4,694	4,878	4,856	4,785	4,773	5,017	4,770	4,660
1ヵ月後、生存	1,004	1,221	1,312	1,478	1,482	1,456	1,535	1,584	1,616	1,650
生存率	23.2%	27.7%	28.0%	30.3%	30.5%	30.4%	32.2%	31.6%	33.9%	35.4%
OPC/CPC共に1又は2	539	813	857	1,002	992	994	1,025	1,123	1,095	1,155
社会復帰率	12.5%	18.5%	18.3%	20.5%	20.4%	20.8%	21.5%	22.4%	23.0%	24.8%
うち、初期心電図波形がVF/VT以外である症例	14,568	15,304	16,075	16,234	17,607	18,511	19,024	20,452	20,485	19,836
1ヵ月後、生存	587	792	857	939	1,079	1,199	1,201	1,451	1,466	1,536
生存率	4.0%	5.2%	5.3%	5.8%	6.1%	6.5%	6.3%	7.1%	7.2%	7.7%
OPC/CPC共に1又は2	229	382	437	493	551	683	685	888	877	948
社会復帰率	1.6%	2.5%	2.7%	3.0%	3.1%	3.7%	3.6%	4.3%	4.3%	4.8%
うち、救急隊等により目撃された症例	4,356	4,449	4,827	4,950	5,635	5,705	5,515	5,723	5,914	5,833
うち、初期心電図波形がVF/VTである症例	492	575	556	651	655	632	622	620	714	680
1ヵ月後、生存	188	231	234	278	283	306	289	300	361	349
生存率	38.2%	40.2%	42.1%	42.7%	43.2%	48.4%	46.5%	48.4%	50.6%	51.3%
OPC/CPC共に1又は2	149	200	187	226	237	260	240	256	316	293
社会復帰率	30.3%	34.8%	33.6%	34.7%	36.2%	41.1%	38.6%	41.3%	44.3%	43.1%
うち、初期心電図波形がVF/VT以外である症例	3,868	3,874	4,271	4,299	4,980	5,073	4,893	5,103	5,200	5,153
1ヵ月後、生存	398	449	498	543	627	649	651	662	714	733
生存率	10.3%	11.6%	11.7%	12.6%	12.6%	12.8%	13.3%	13.0%	13.7%	14.2%
OPC/CPC共に1又は2	242	260	307	334	385	428	418	417	442	456
社会復帰率	6.3%	6.7%	7.2%	7.8%	7.7%	8.4%	8.5%	8.2%	8.5%	8.8%
うち、目撃者が不詳である症例	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0
心肺機能停止の時点を目撃していない症例	33,924	34,841	37,687	38,897	40,195	42,659	43,711	44,205	44,972	43,368

（総務省消防庁調べ）

質問

- 日本における心肺停止傷病者において

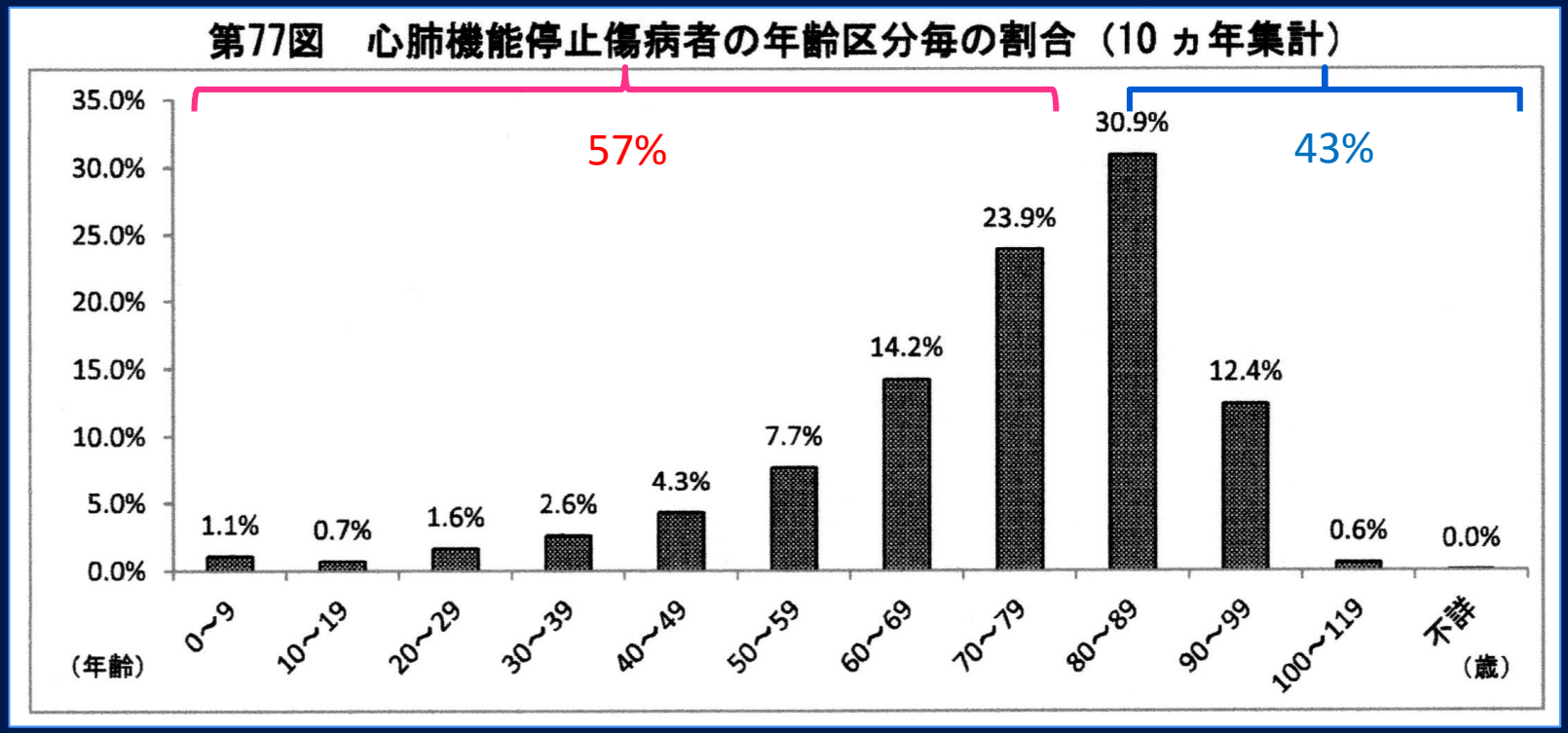
79歳以下の患者が占める割合は全体に対して

①約60%である
②約40%である
③約20%である

日本老年病学会

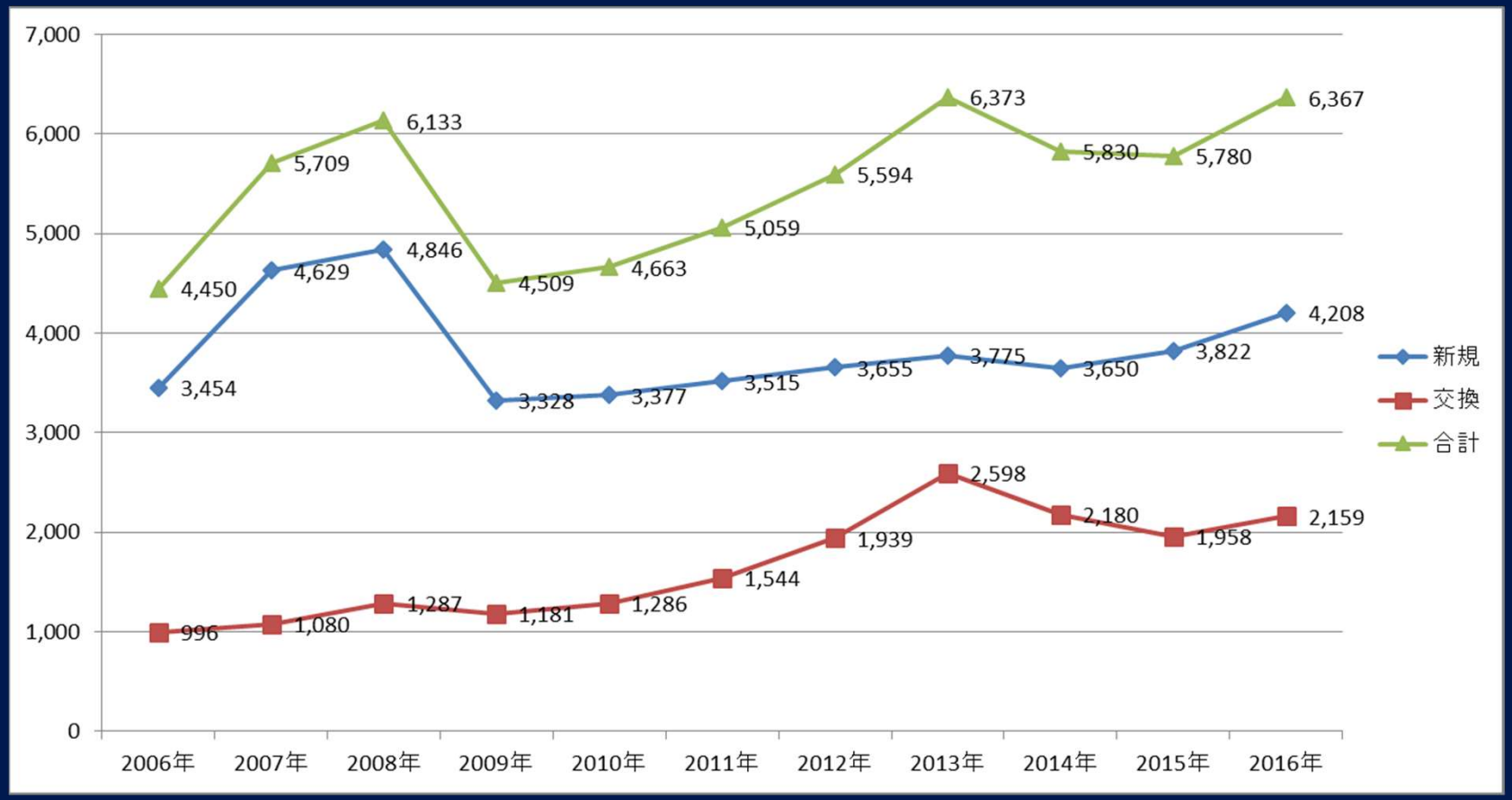
＜新たな「高齢者の定義と区分」（提言内容）＞

65～74 歳	准高齢者	准高齢期 (pre-old)
75～89 歳	高齢者	高齢期 (old)
90 歳～	超高齢者	超高齢期 (oldest-old, super-old)



（総務省消防庁調べ）

本邦におけるICD植込み件数の推移



ICD: Implantable cardioverter defibrillator (植え込み型除細動器)

- ICD植込み件数が増えているにもかかわらず心臓突然死の数は増えている。

- 2次予防としてのICD植込みは国内では、充実しているものの、1次予防における植込みが不十分なのでは？？？

2 器質的心疾患を有する患者に対する一次予防

Class Ⅰ：

1. 冠動脈疾患または拡張型心筋症に基づく慢性心不全で，十分な薬物治療を行ってもNYHAクラスⅡまたはクラスⅢの心不全症状を有し，かつ左室駆出率35%以下で，非持続性心室頻拍を有する場合
2. NYHAクラスⅠで冠動脈疾患，拡張型心筋症に基づく左室機能低下（左室駆出率35%以下）と非持続性心室頻拍を有し，電気生理検査によって持続性心室頻拍または心室細動が誘発される場合

Class Ⅱa：

1. 冠動脈疾患または拡張型心筋症に基づく慢性心不全で，十分な薬物治療を行ってもNYHAクラスⅡまたはクラスⅢの心不全症状を有し，左室駆出率35%以下の場合

Class Ⅲ：

1. 器質的心疾患を伴わない特発性の非持続性心室頻拍

不整脈の非薬物治療ガイドラインJCS2011

心臓突然死の予知と予防法のガイドライン(2010改訂版)

循環器病の診断と治療に関するガイドライン（2009年度合同研究班報告）

心臓突然死の予知と予防法のガイドライン(2010年改訂版)

Guidelines for Risks and Prevention of Sudden Cardiac Death (JCS 2010)

合同研究班参加学会：日本循環器学会，日本冠疾患学会，日本胸部外科学会，日本小児循環器学会，日本心血管インターベンション学会，日本心臓血管外科学会，日本心臓病学会，日本心電学会，日本心不全学会，日本不整脈学会

班長　相澤義房　新潟大学大学院循環器学分野

班員　井上　博　富山大学第二内科
小川　聡　関西医療福祉大学三田病院
奥村　謙　弘前大学循環器内科
加藤貴雄　日本医科大学第一内科
鎌倉史郎　国立循環器病センター心臓内科
住友直方　日本大学小児科学系小児科学分野
新田　隆　日本医科大学第二外科
堀江　稔　滋賀医科大学循環器呼吸内科
松崎益徳　山口大学大学院器官病態内科学
三崎拓郎　富山大学第一外科
三田村秀雄　東京都済生会中央病院
村川裕二　帝京大学溝口病院第四内科
吉永正夫　鹿児島大学小児科

協力員　池田隆徳　奈良大学第二内科
伊藤　誠　滋賀医科大学循環器呼吸内科
久賀圭祐　筑波大学臨床医学系循環器内科
草野研吾　岡山大学大学院循環器内科
佐々木真吾　弘前大学循環器内科
清水昭彦　山口大学集団保健学系領域
清水　渉　国立循環器病センター心臓内科
庄田守男　東京女子医科大学
池主雅臣　新潟大学保健学科
麻野慎一　北里大学循環器内科学
野原隆司　田附興風会医学研究所心臓センター
藤木　明　静岡赤十字病院循環器内科
古嶋博司　新潟大学医歯学総合病院第一内科

外部評価委員
杉本恒明　公立学校共済組合関東中央病院
中澤　誠　脳神経疾患研究所附属総合南東北病院小児科
堀　正二　大阪府立成人病センター
山口　徹　国家公務員共済組合連合会虎の門病院

（構成員の所属は2010年8月現在）

目　次

改訂にあたって …… 2
I．突然死の疫学 …… 2
II．突然死の予知について …… 3
III．検査からみた突然死の予知 …… 3
1. 臨床像 …… 3
2. 心電図 …… 4
3. 心拍変動（HRV） …… 5
4. Heart Rate Turbulence（HRT） …… 5
5. 圧受容体感受性（BRS） …… 6
6. T-Wave Alternans（TWA） …… 6
7. 遅延電位（LP） …… 7
8. 心臓電気生理検査（EPS） …… 7
9. 運動負荷試験 …… 8
10. 遺伝子検査 …… 9
IV．突然死の予防 …… 10
1. 不整脈 …… 10

1 臨床像

クラスI
- 虚血性および非虚血性の心不全例では駆出率の低下（≦30～35%）

2 心電図

クラスI
- 12誘導心電図による心室性不整脈の評価

クラスIIb
- QT dispersionによる心不全，心肥大（肥大型心筋症，高血圧，大動脈弁狭窄），催不整脈性右室心筋症の評価
- Transmural dispersion of repolarization（TDR）によるQT延長症候群，肥大型心筋症での失神例の評価

3 心拍変動（HRV）　*Class IIa*

クラスIIa
- 心筋梗塞後における突然死の予知

クラスIIb
- 心筋症における突然死の予知

4 Heart Rate Turbulence（HRT）　*Class IIb*

クラスIIb
- 心筋梗塞後および心不全での突然死予知

5 圧受容体感受性（BRS）

クラスI
- 心筋梗塞後の心機能低下例での突然死予知

6 T-Wave Alternans（TWA）　*Class IIa*

クラスIIa
- 心筋梗塞後あるいは心機能の低下した虚血性心筋症での心臓突然死の予知

クラスIIb
- 拡張型（非虚血性）心筋症あるいは心不全での心臓突然死の予知

7 遅延電位（LP）　*Class IIb*

クラスIIb
- 心筋梗塞後例の突然死の予知

8 心臓電気生理検査（EPS）

クラスI
- 心筋梗塞後で動悸，前失神，失神の原因に心室性頻脈が疑われる例
- 心室頻拍カテーテルアブレーション後の評価
- 心機能低下，器質的心疾患，突然死の家族歴，および/あるいは異常心電図を伴う例における原因不明の失神

クラスIIa
- 心筋梗塞後で非持続性心室頻拍を合併し，左室駆出率が40%以下の例
- 失神の原因として徐脈あるいは頻脈性不整脈が疑われるが，非観血的検査では診断できない例

9 運動負荷試験

クラスI
- 冠疾患が疑われる例での心室頻脈の誘発
- 運動誘発性心室性不整脈例またはそれが疑われる例
- 肥大型心筋症における血圧の異常反応

クラスIIa
- 運動誘発性心室性不整脈での薬物またはカテーテルアブレーションへの反応の評価

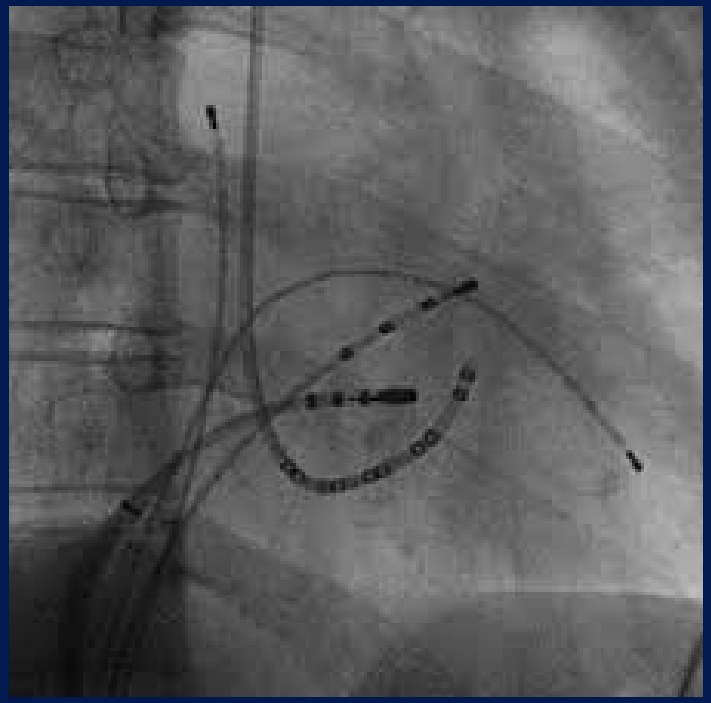
クラスIIb
- 冠疾患の可能性の低い心室不整脈を有する例
- 中年以降の心室期外収縮の評価

10 遺伝子検査

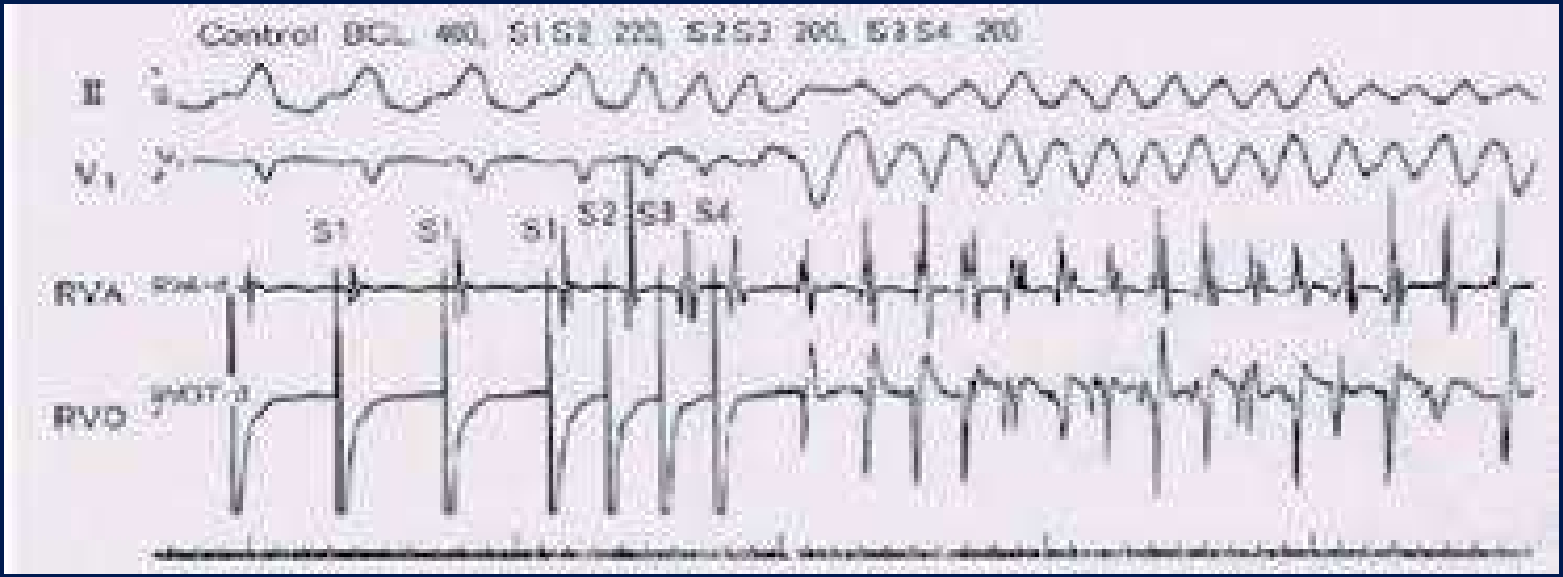
クラスIIa
- LQTSのチャネル領域の変異（特にLQT1，LQT2，LQT3）

クラスIIb
- カテコラミン誘発性多形性心室頻拍でのリアノジン受容体またはCASQの遺伝子異常

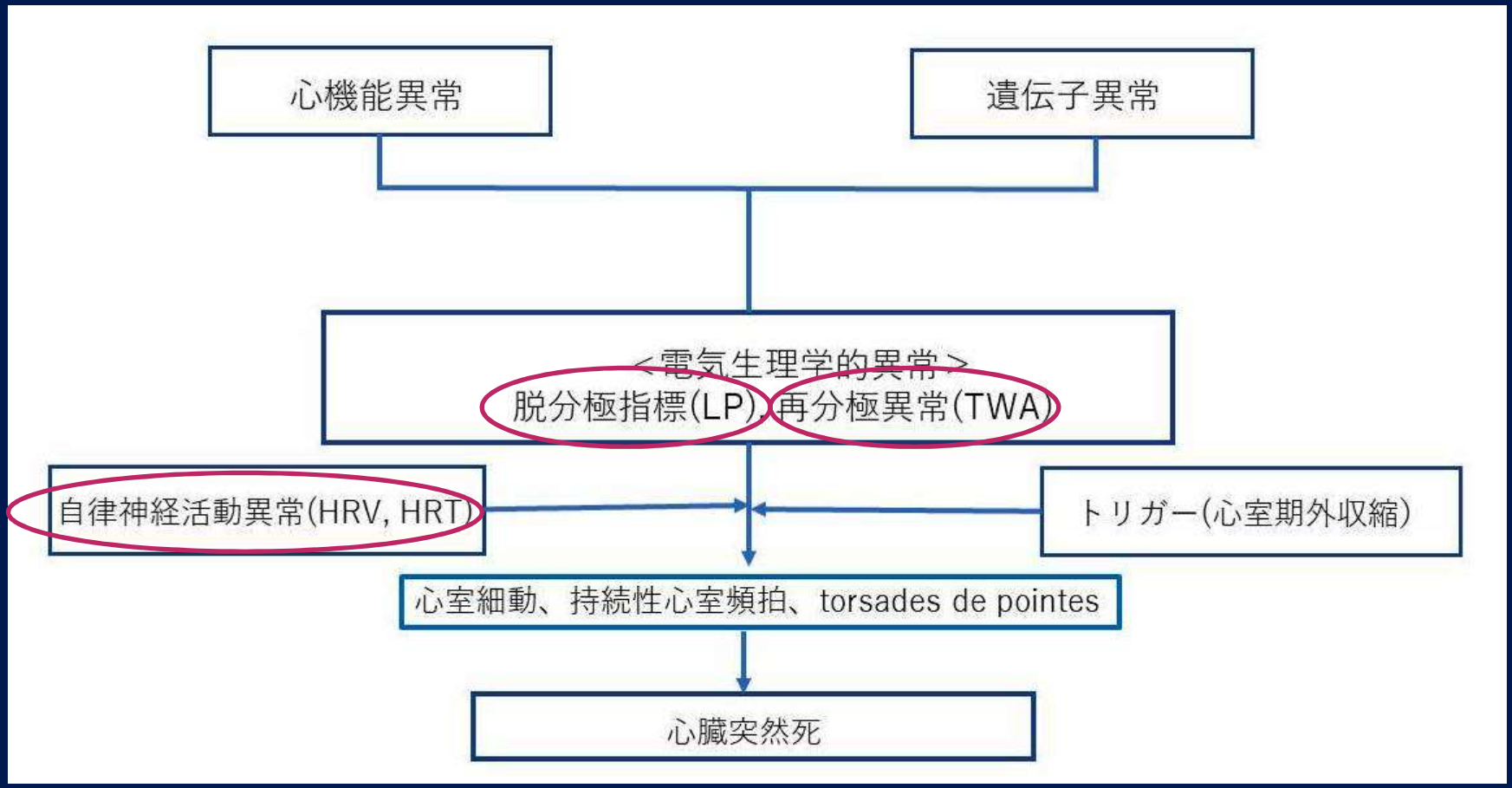
電気生理学的検査



電気生理学的検査(心室プログラム刺激）



致死性不整脈の発生機序



Ikeda T, at el. Circ J. **71** Suppl A: A106-14, 2007.

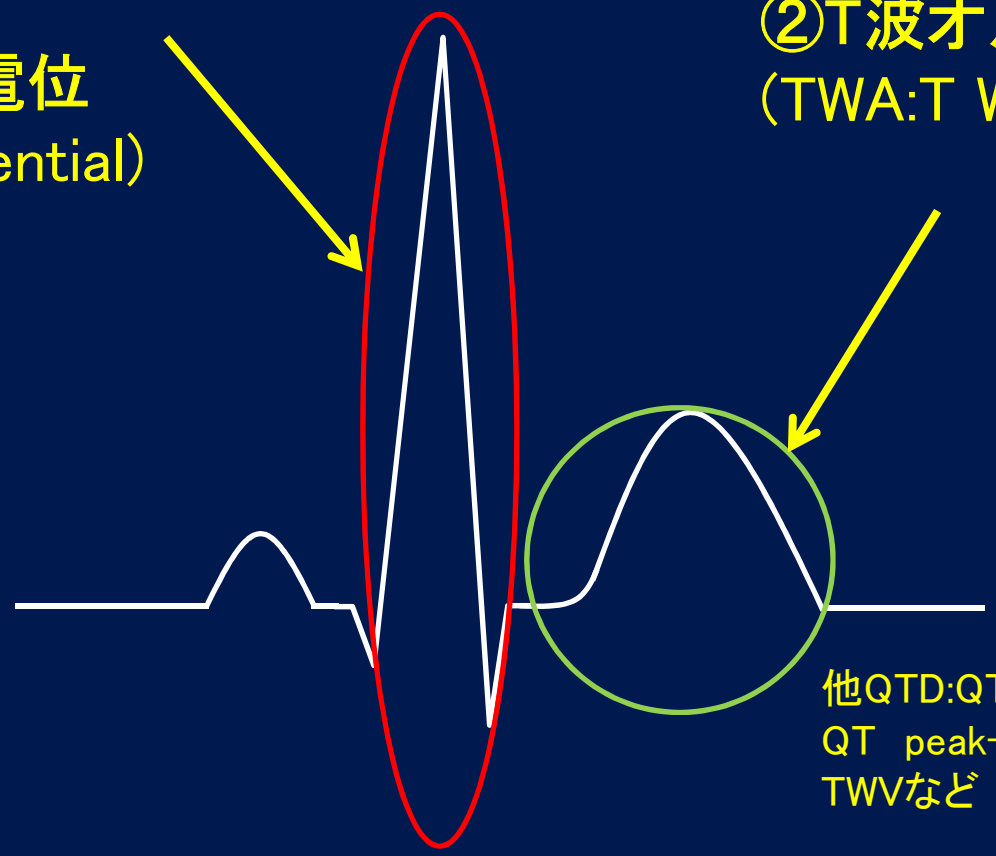
1.心電図微小電位指標

脱分極異常指標

①心室遅延電位
(LP:Late Potential)

再分極異常指標

②T波オルタナンス
(TWA:T Wave Alternans)



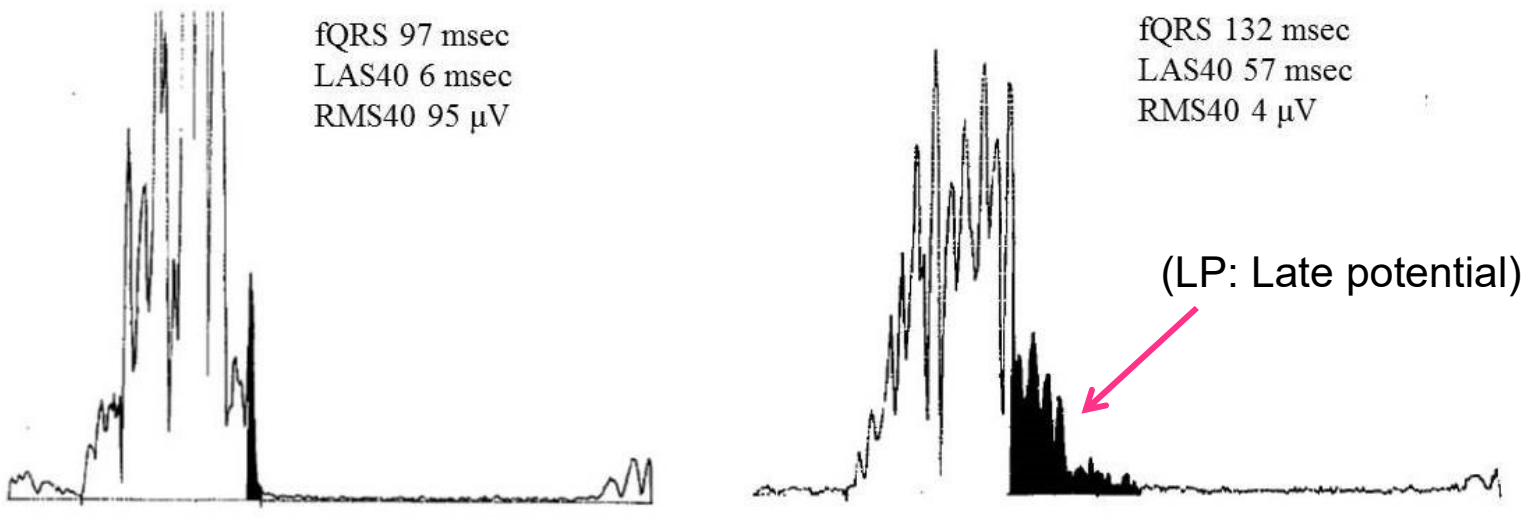
他QTD:QT dispersion
QT　peak-endなど
TWVなど

19

SAECG (Signal averaged electrocardiogram)

SAECG陽性例と陰性例

LPはQRS終末部に存在する、微小な電位であり伝導遅延の存在を意味する。
リエントリーの機序成立に伝導遅延が必須であることより、LPが陽性であることはVTの電気生理学的な素地(substrate)が存在するといえる。



LP陰性例　　LP陽性例

Breithardt G, et al. *Circulation* **83:** 1481–1488, 1991.

LPと持続性心室頻拍の関連

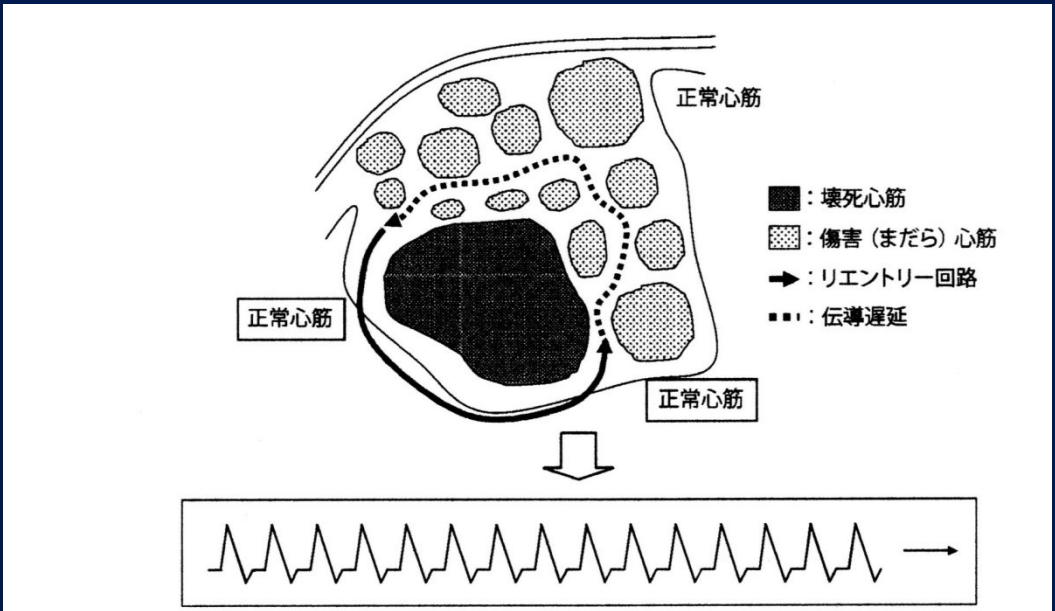


図1　Late potentials（LP）の概念と持続性心室性不整脈の発現
心筋に伝導遅延領域があるとリエントリー性心室頻拍が発現しやすい。

池田隆徳. 循環病理レビュー 2014.(15).17-26

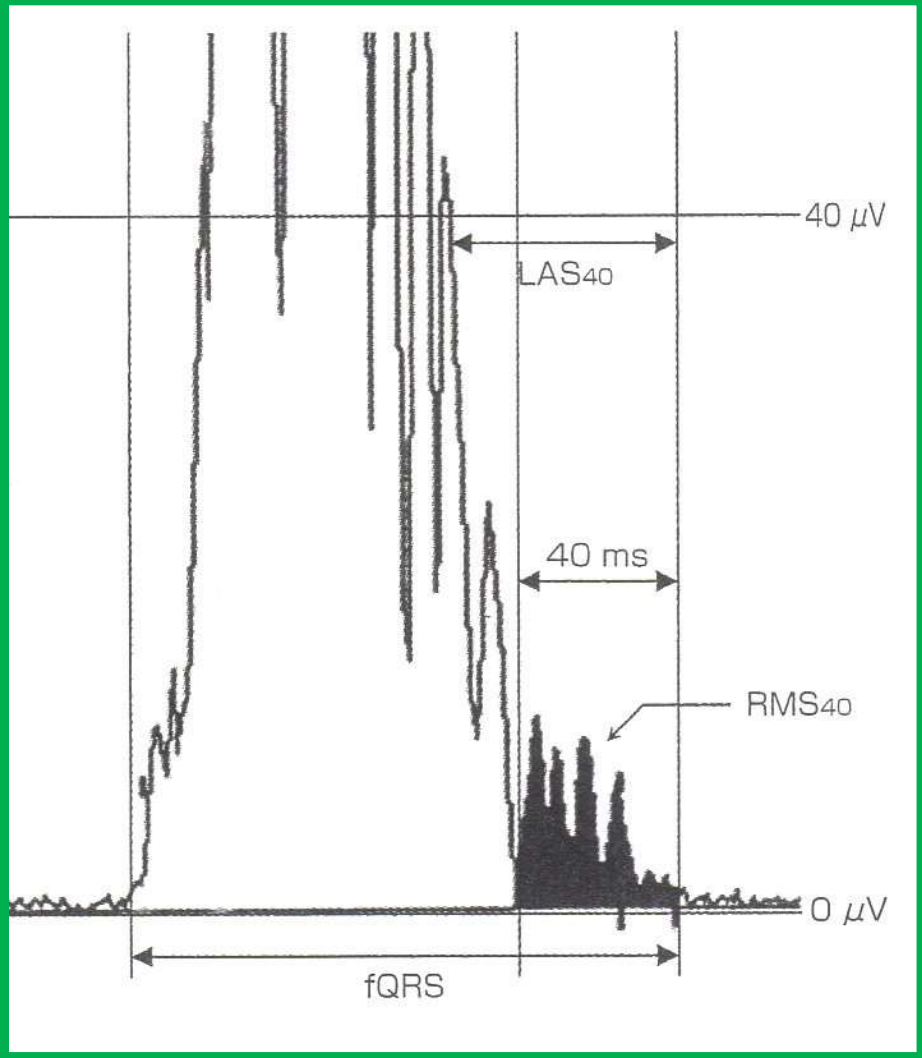
SAECGの計測法

- 現在LPの解析は時間領域解析(Time domain法)のなかでも、ベクトルマグニチュード法が主流である。本方法では双極X, Y, Z誘導から得られた心電図波形を特殊フィルターで処理したのちに(X2＋Y2＋Z2)1/2の式にてベクトルマグニチュードを算出する。この波形をノイズ軽減のために通常50-300回の加算平均を行う。

○実時間型ではノイズレベル0.4μV以下が推奨。

○ホルターは暫定的に0.8 以下（暫定）。

SAECG　各パラメータ



SAECGパラメータの定義

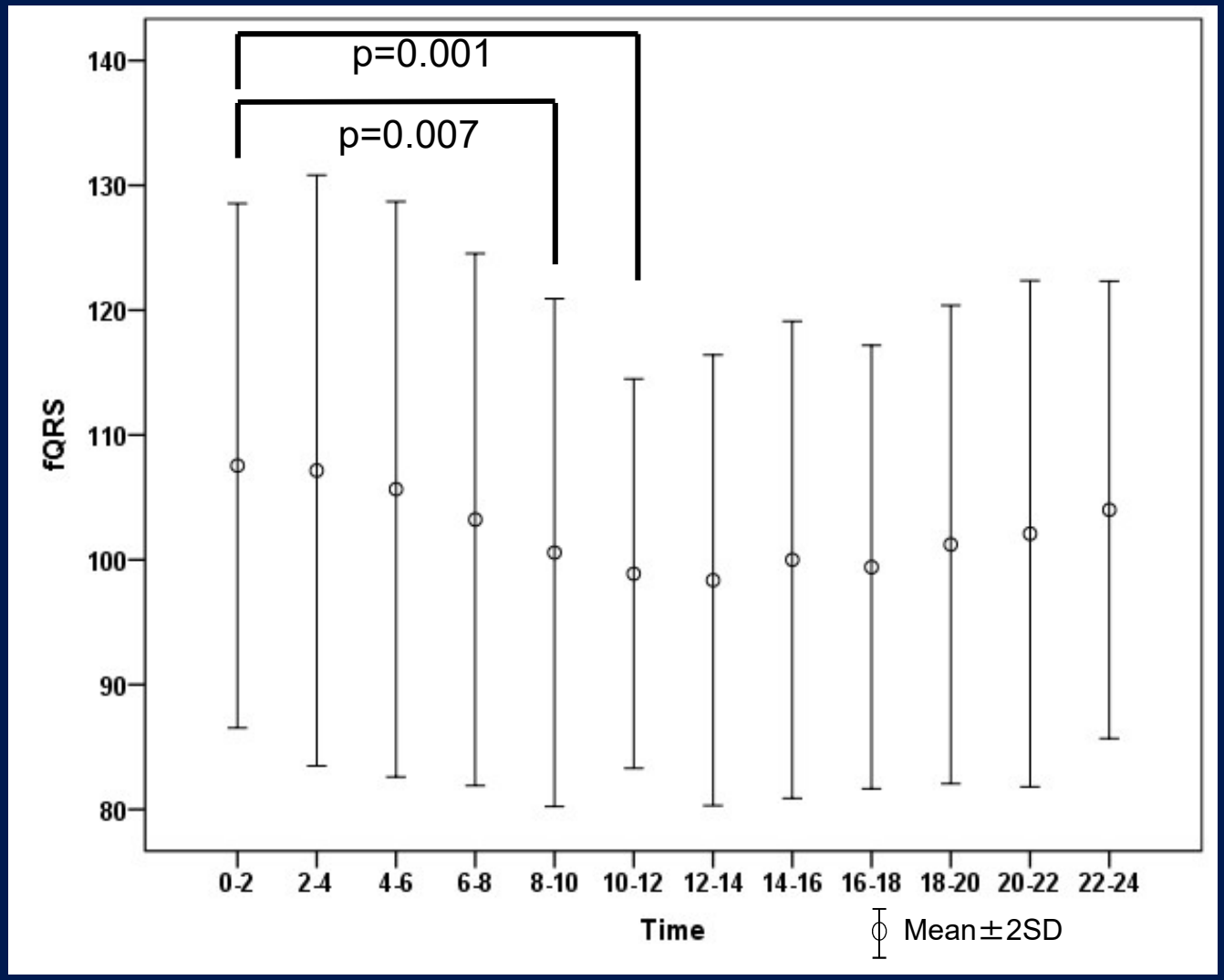
- fQRSはQRSの開始部位からLPを含んだ全活動電位持続時間を意味している。またLAS40は40μV以下の電位の持続時間である。RMS40はLPを含む後半40msecの電位の面積の平方根が定義であり、主にLP部分の相対的な電位サイズを表している.

- fQRS, LAS40及びRMS40の2項目以上が異常であった場合検査陽性と判断する.

SAECGパラメーター日内変動(fQRS)

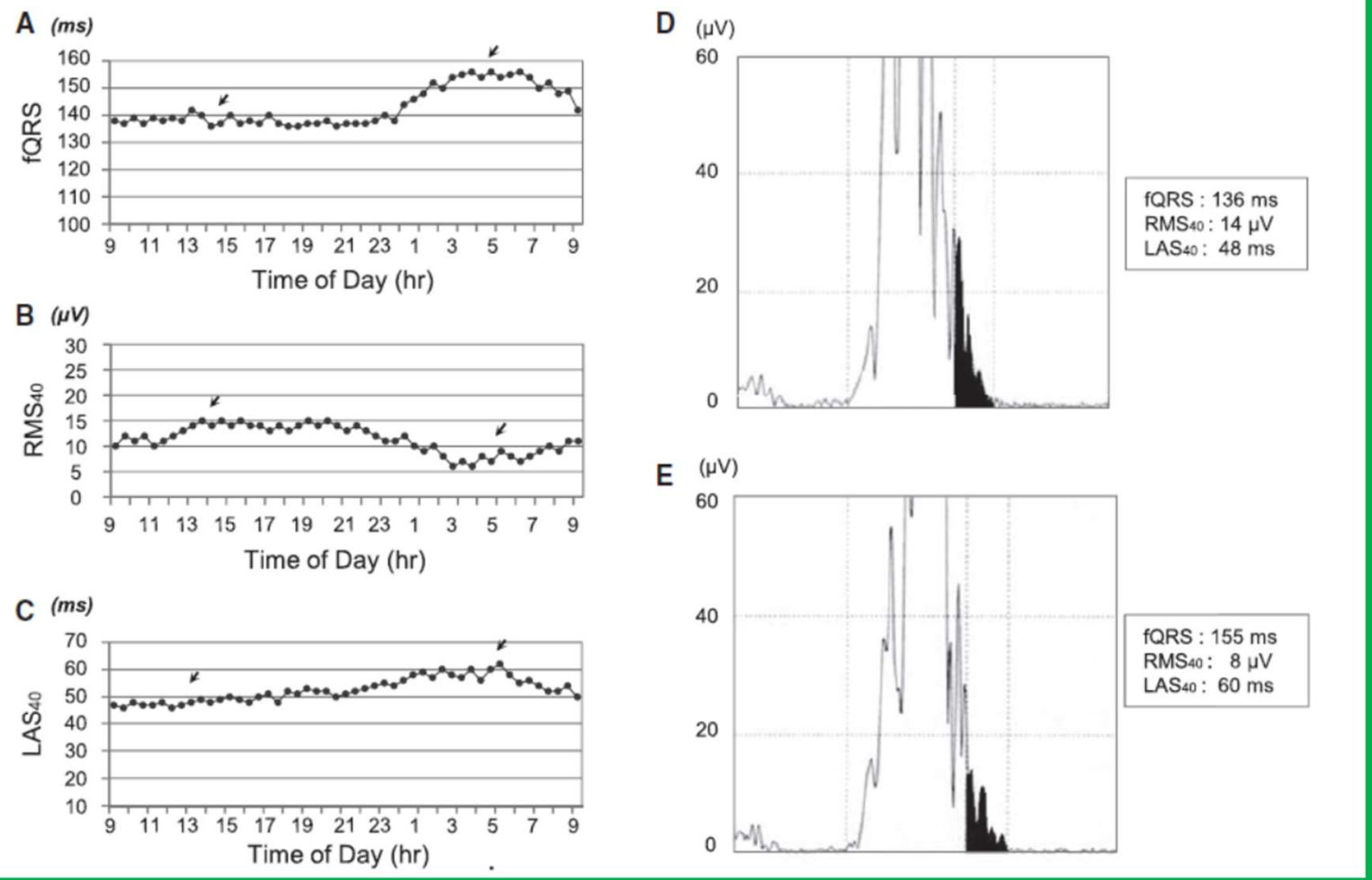
(健常者のデータ)

(ms)



原田直美、橋本賢一. 2016年日本不整脈心電学会

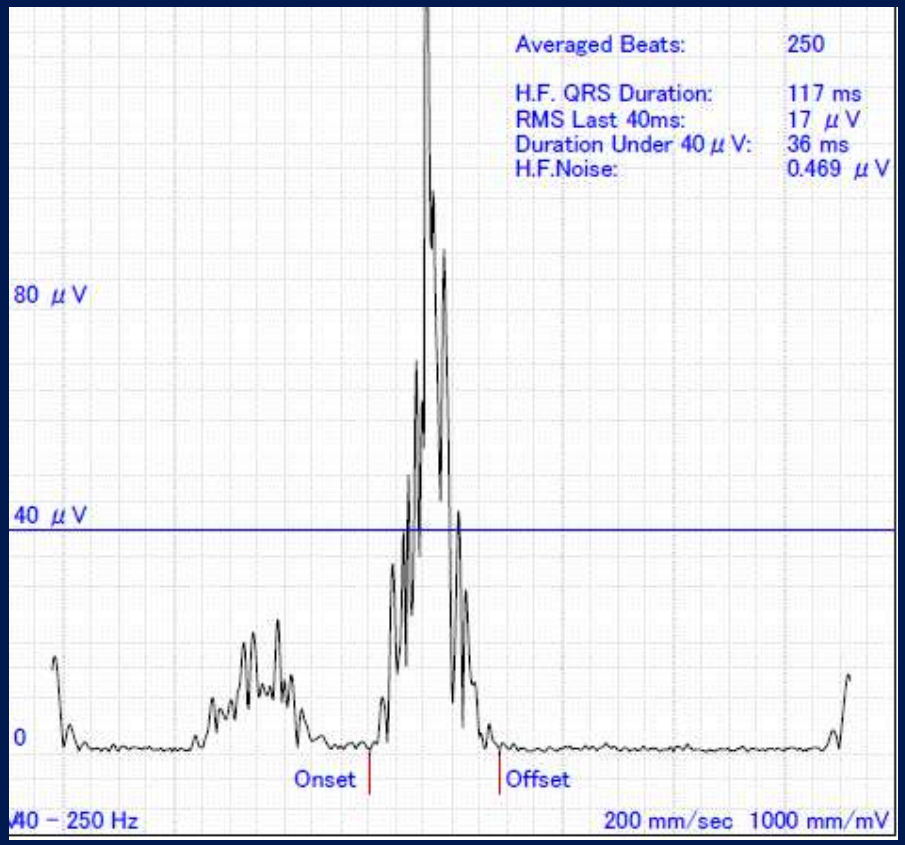
Brugada Syndrome



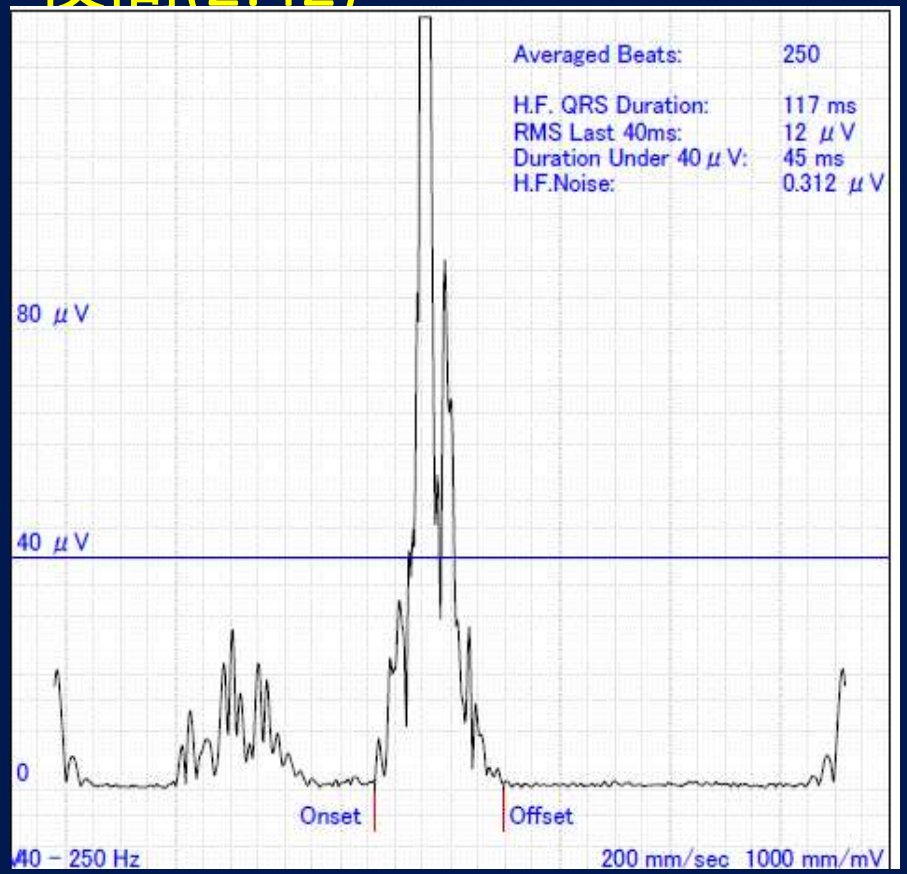
Abe A, Ikeda T, et al. Circ Arrhythm Electrophysiol. 2012 Aug 1;5(4):789-95

症例1 46歳男性　Brugada症候群(Vf+)

日中(14:32)



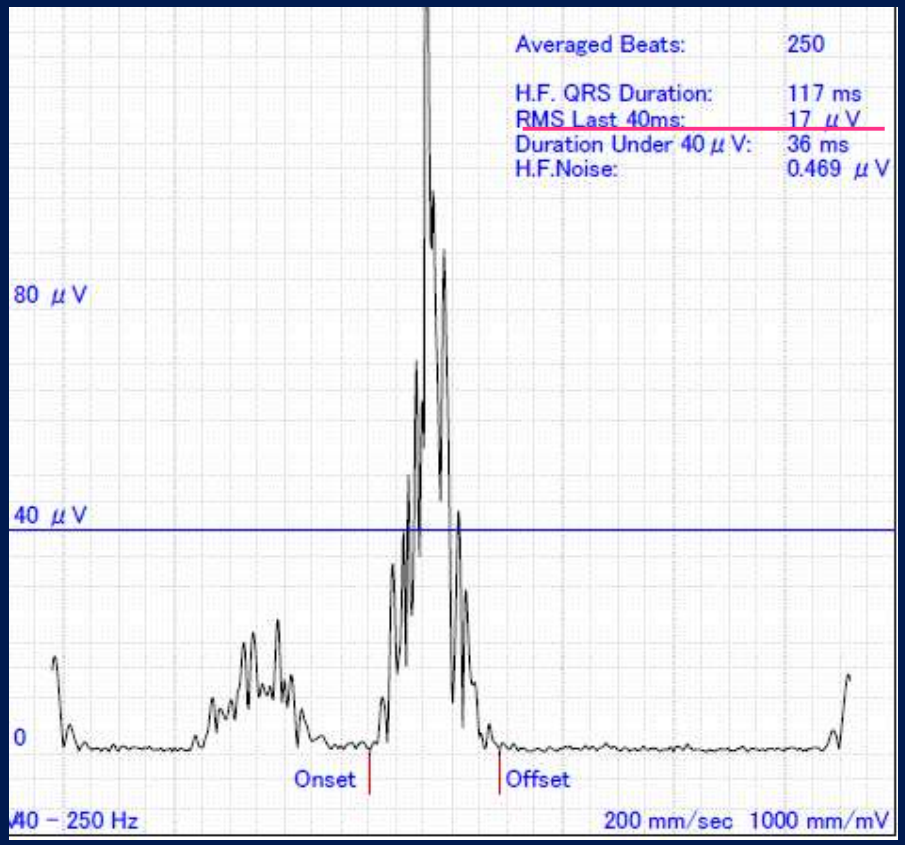
夜間(2:42)



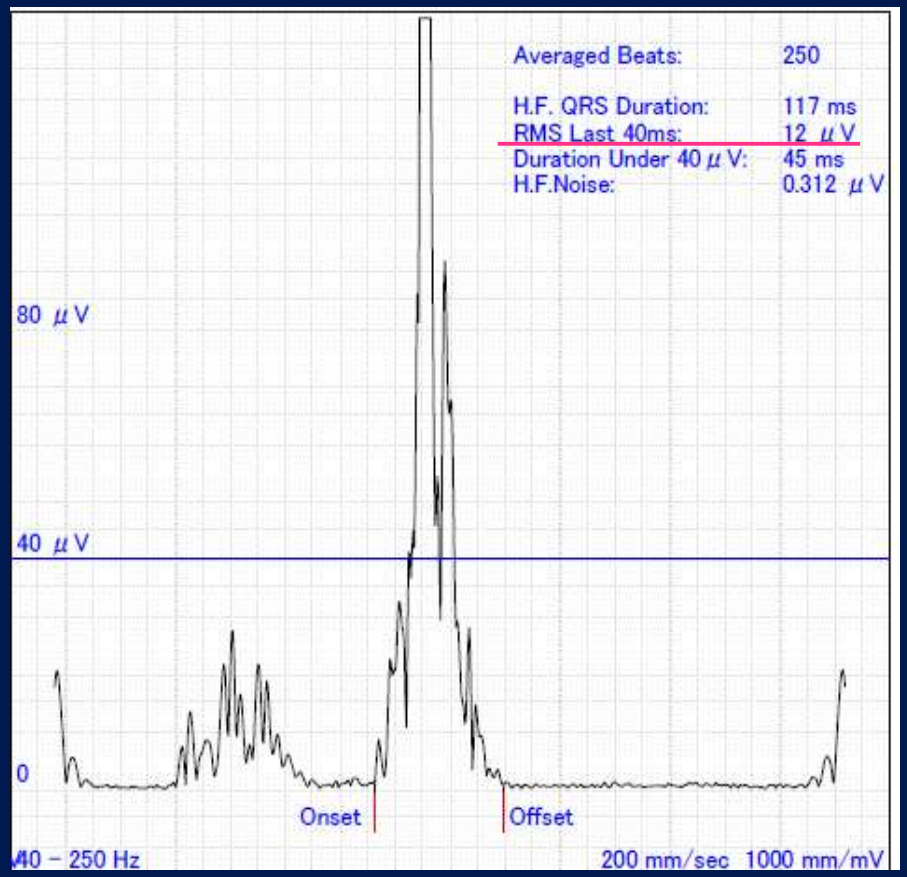
質問　上記のSAECGの判定は？
①日中も夜間も陽性　②　日中も夜間も陰性　③　日中陰性、夜間陽性

症例1 46歳男性　Brugada症候群(Vf+)

日中(14:32)　陰性

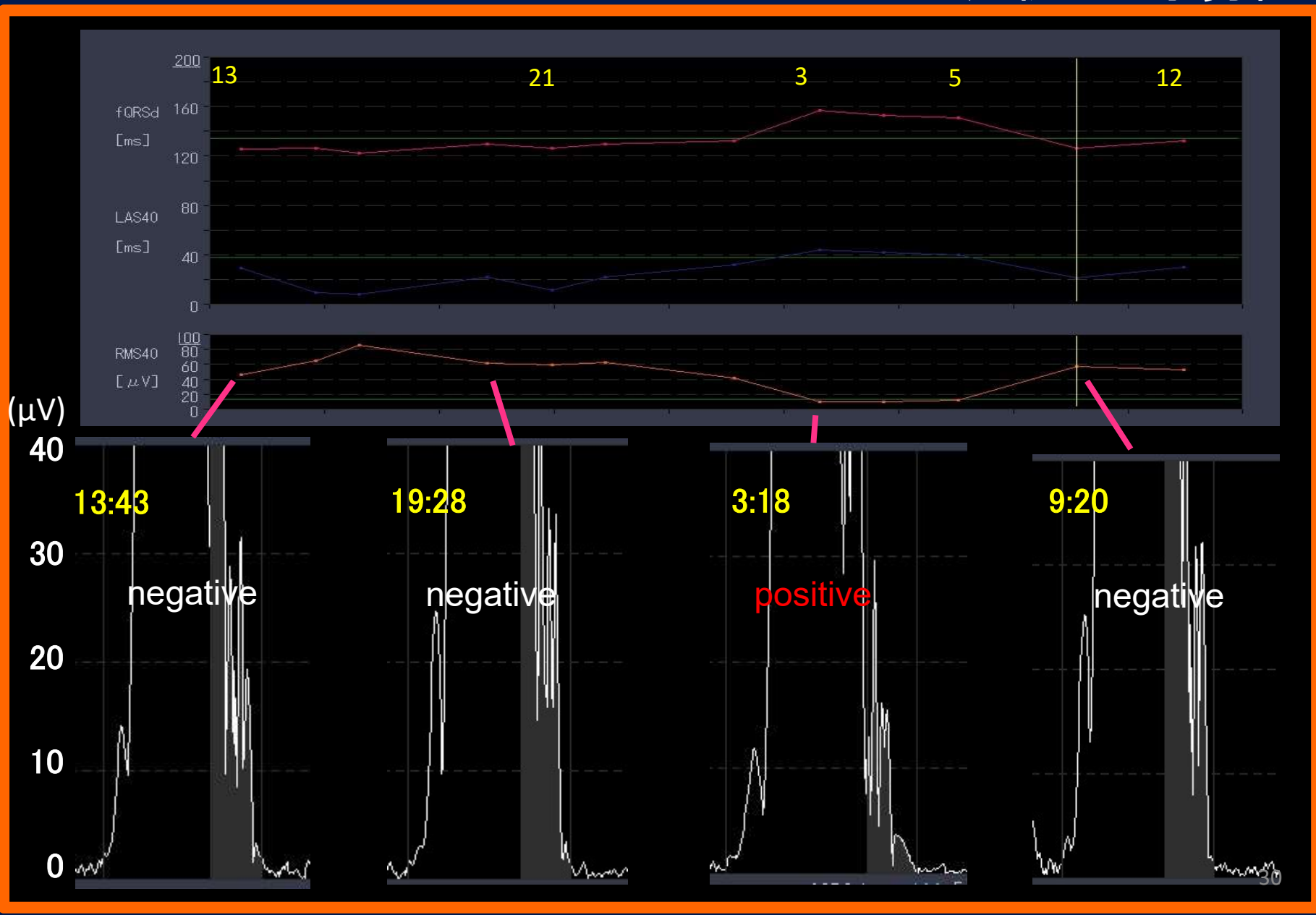


夜間(2:42)　陽性



LPパラメーターの日内変動

症例　37才男性

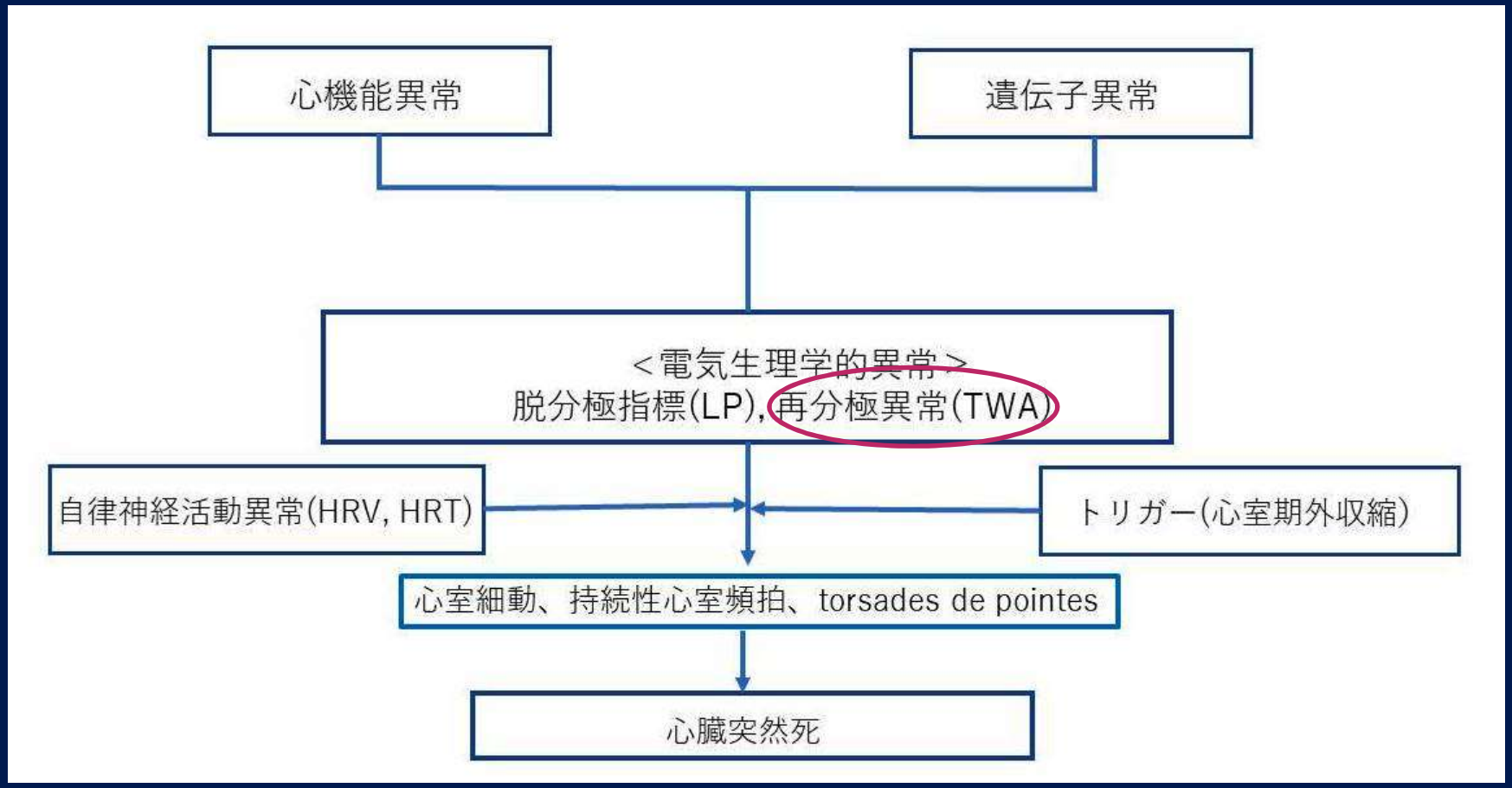


SAECGまとめ

- SAECGにおける遅延電位は心室の伝導障害を意味しており、脱分極異常の指標である。
- SAECGは機種・フィルターによって基準値(正常値が異なる)。
- SAECGパラメーターは24時間連続測定が可能となった、また日内変動を有する。
- 本検査法は陽性的中率6-29%と低いものの、陰性的中率は89-99%と極めて高い。

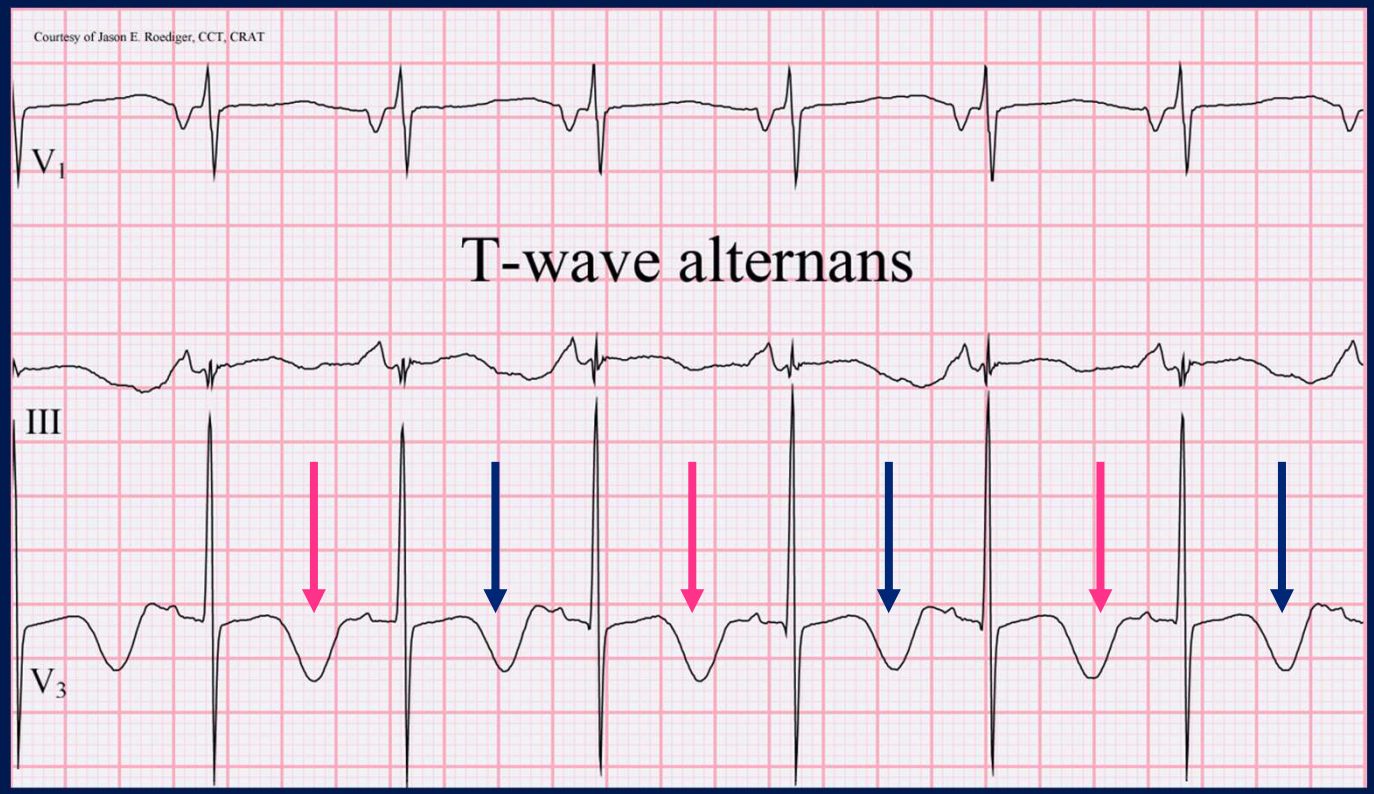
TWA(T wave alternans)

致死性不整脈の発生機序



Ikeda T, at el. Circ J. **71** Suppl A: A106-14, 2007.

TWAとは

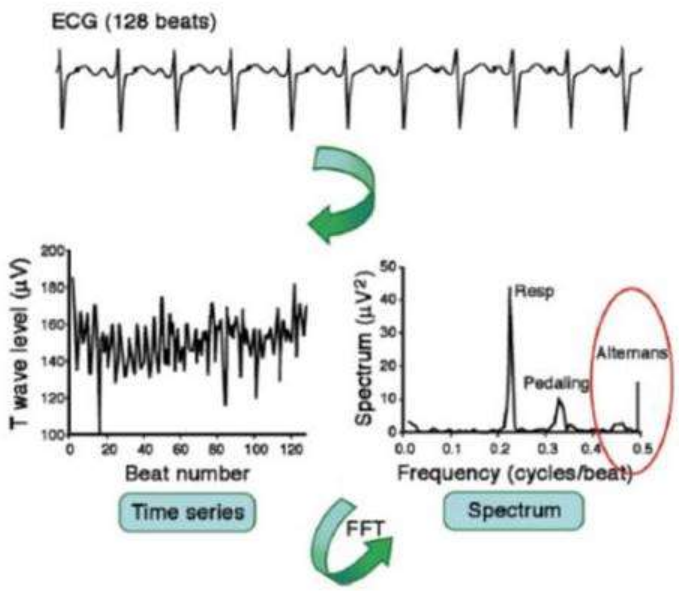


T波オルタナンスは、体表心電図におけるT波の交互現象である。
肉眼的に可視可能であるマクロボルトレベルのT波オルタナンス現象は約100年前から知られている。1994年にRosenbaumらによってマイクロボルトレベルのT波オルタナンス(以下TWA)の臨床研究の報告がなされてからTWAの臨床研究が一気に広がった。

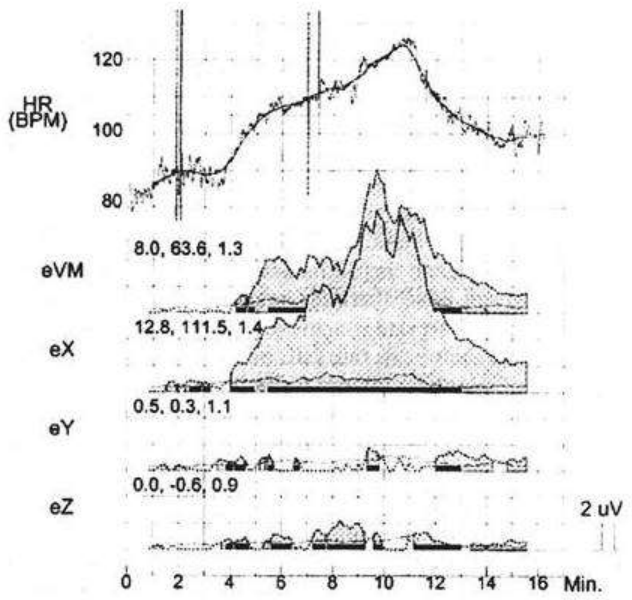
（ゴールドスタンダード）

TWA スペクトル法 (運動負荷又は心房ペーシング）

A.スペクトル法の原理



B. スペクトル法によるTWA陽性例

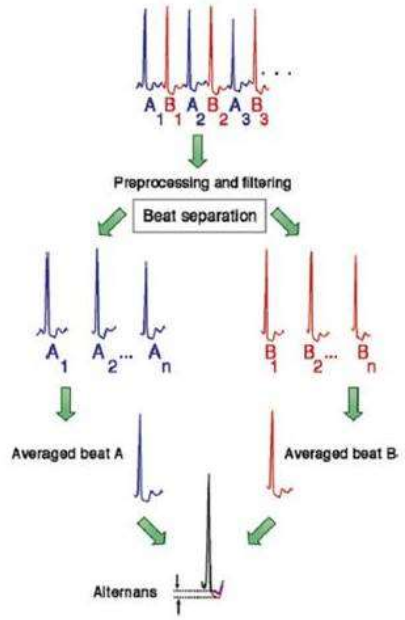


Verrier RL, et al.
J Am Cardiol.**58**:1309-24, 2011.

Bloomfield DM, et al.
JCE. **13**:502-12, 2002.

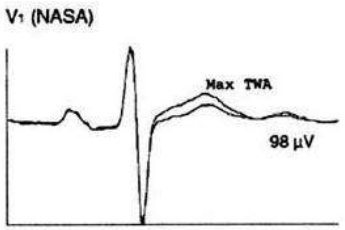
TWA タイムドメイン法（ホルター心電図）

A.タイムドメイン法の原理
（MMA法:Modified Moving average）

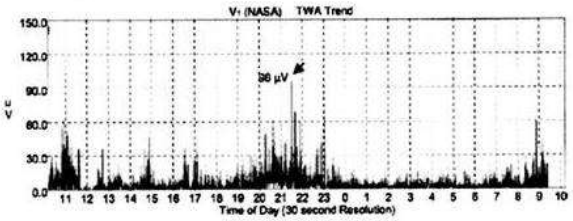


B.タイムドメイン(MMA)法によるTWA陽性例

B-1



B-2

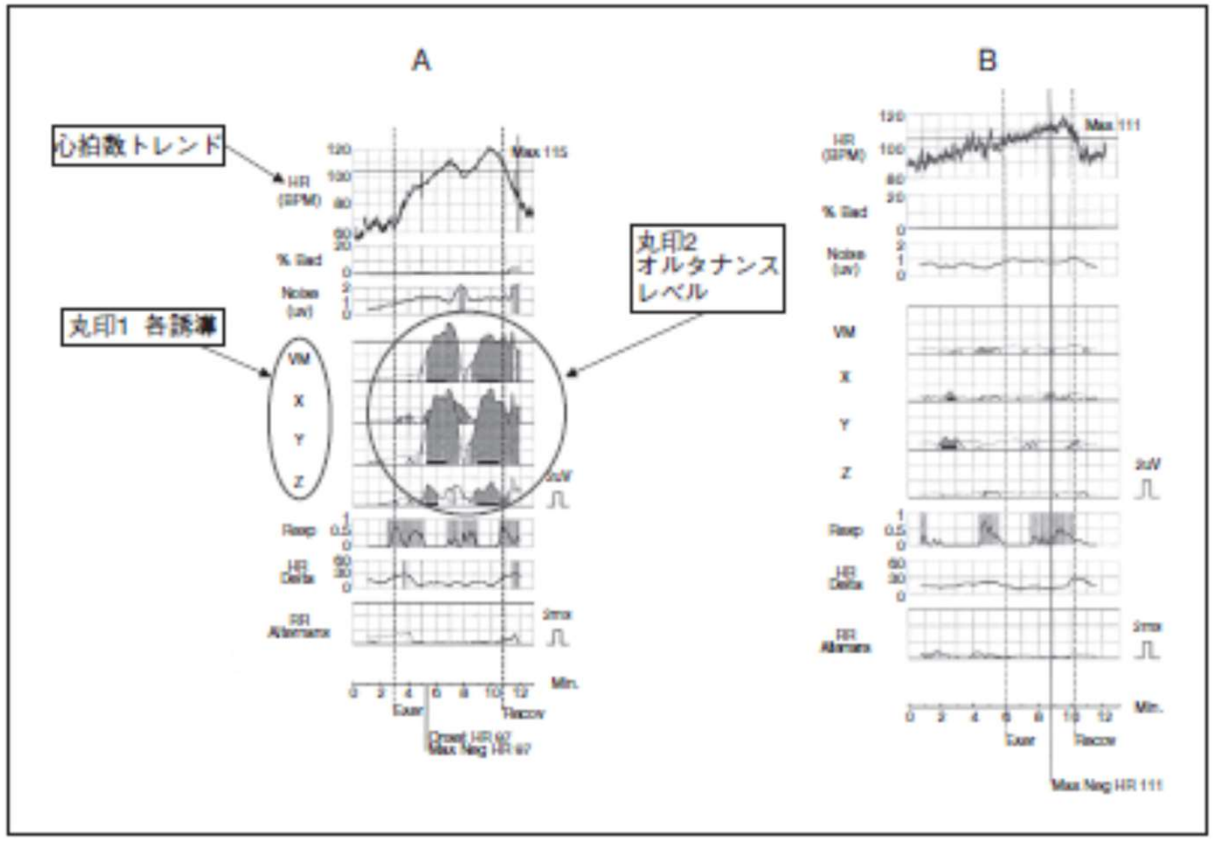


カットオフ値は65µV

A：Verrier RL, et al.
J Am Cardiol.**58**:1309-24, 2011.

B:Sakaki K, et al.
Heart Rhythm. 6:332-7, 2009.

TWA陽性例(A)と陰性例(B)



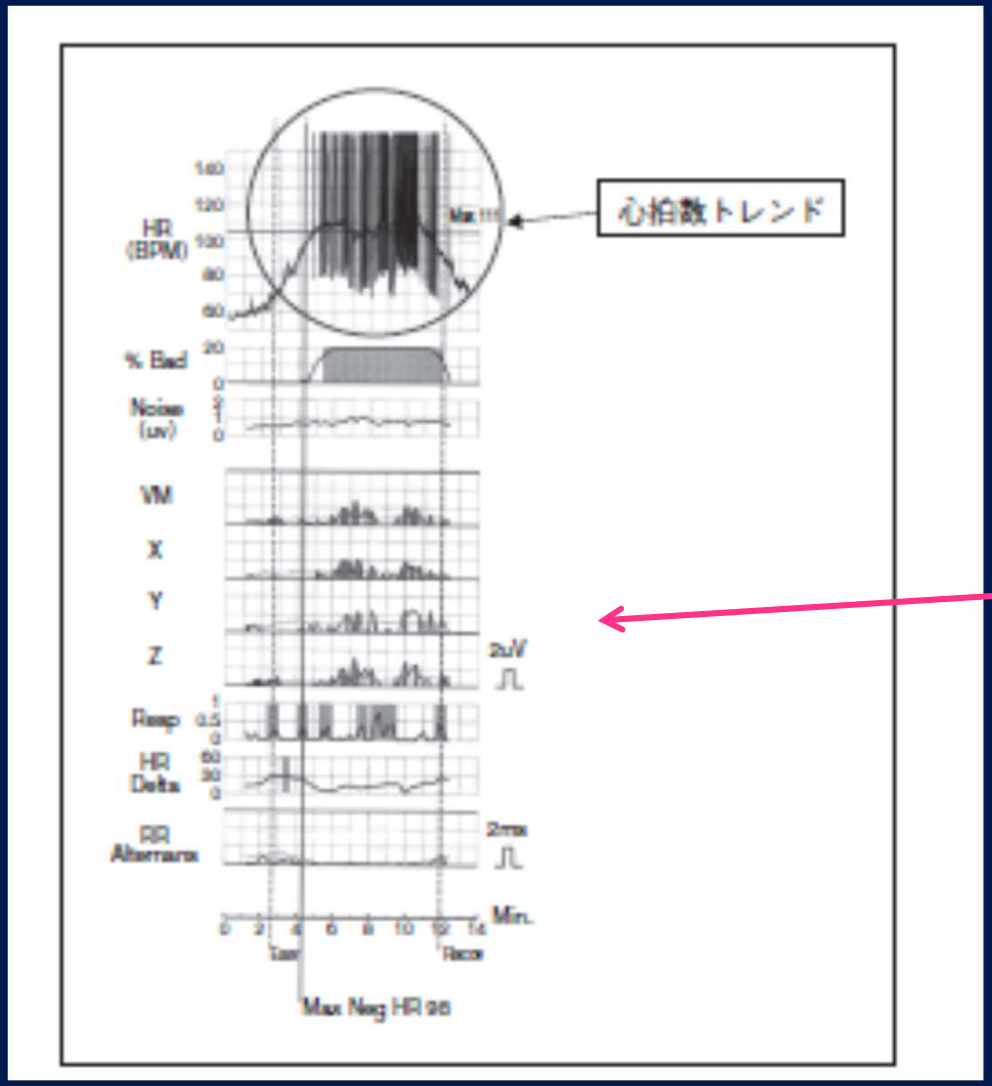
陽性基準

Alternans値（Valt)
＞1.9μV
かつAlternans ratio
<3.0以下
上記が1分以上続く場合

スペクトル法

福永俊二　心臓2016.（48）. 377-383

TWA判定不能例



TWAは陰性で有ることに意義があるため
陰性（正常）と
非陰性（判定不能）にわけて判断することが多い

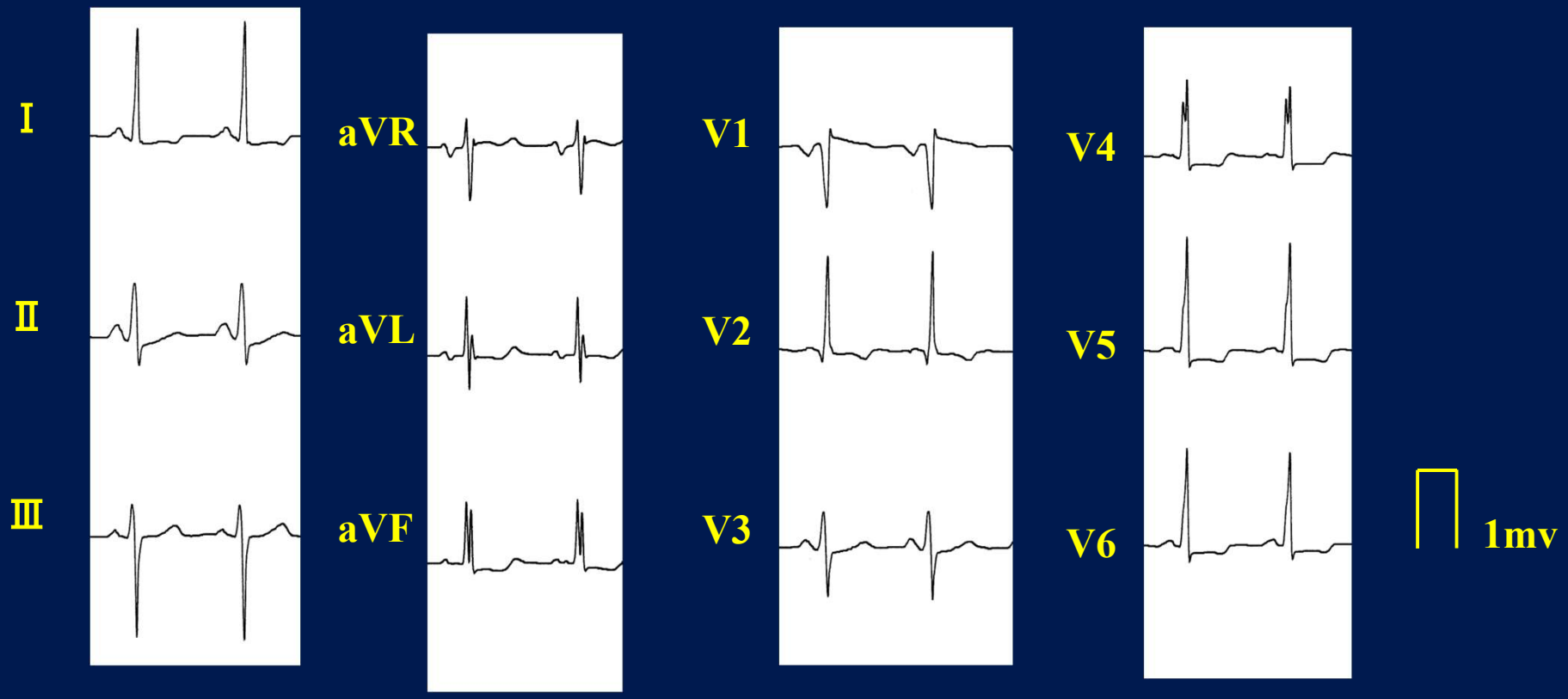
一見陽性に見えるが、基準をみたすTWAは1分間以上持続しない。

福永俊二　心臓2016.（48）. 377-383

症例 33歳 男性

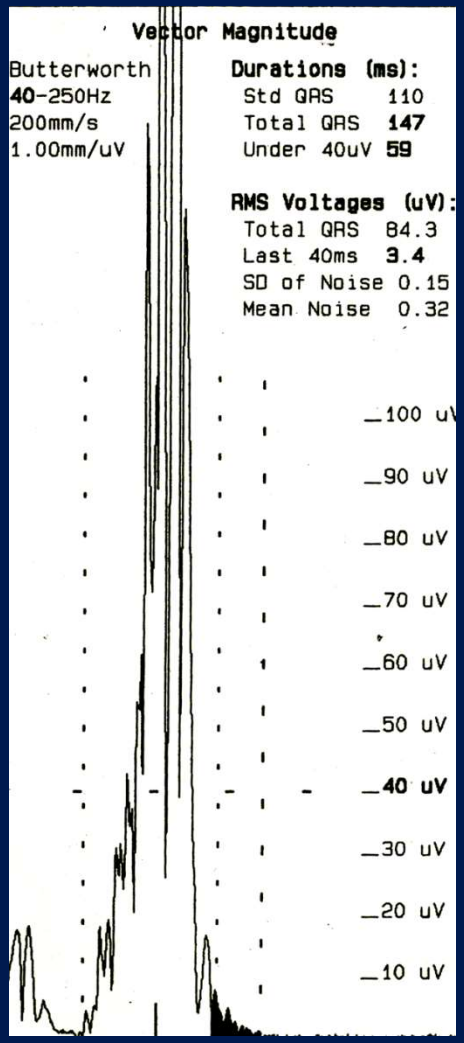
- 主訴：意識消失
- 現病歴：平成16年2月2日、午前10時頃友人宅の玄関先で会話中に突然意識消失したため、友人が救急隊を要請した。救急隊到着時モニター上心室細動を認め直流電気的除細動300Jにて洞調律に復帰し当院に搬送された。
- 既往歴：他病院にて肥大型心筋症(HCM), 心房細動(af)の診断でジソピラミドを処方されていた。
- 家族歴：特記すべき事なし。

入院時心電図



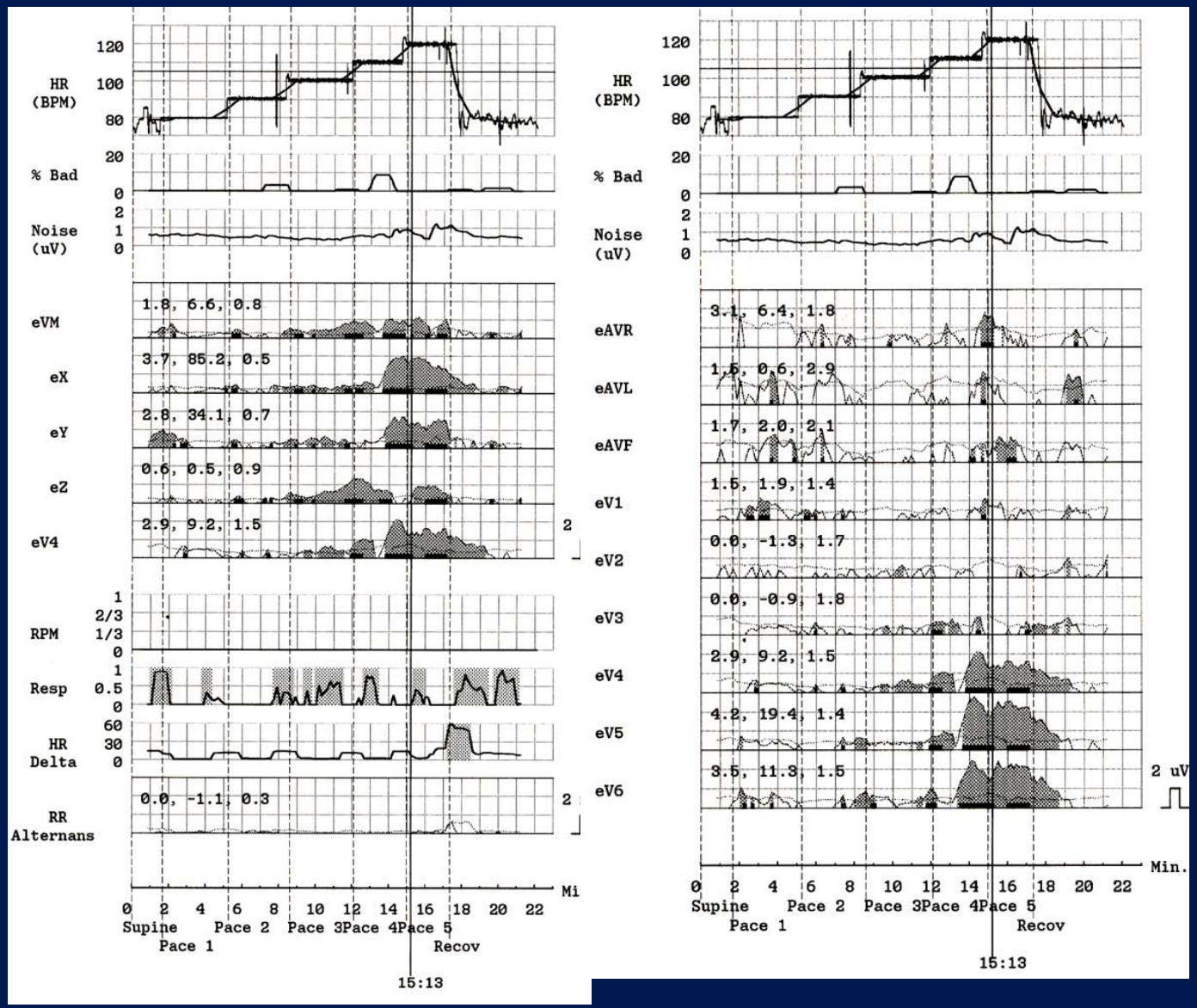
心エコー図所見(長軸像)

心室遅延電位



Std QRS 147ms
Under 40µV 59ms
RMS 40ms 3.4µV

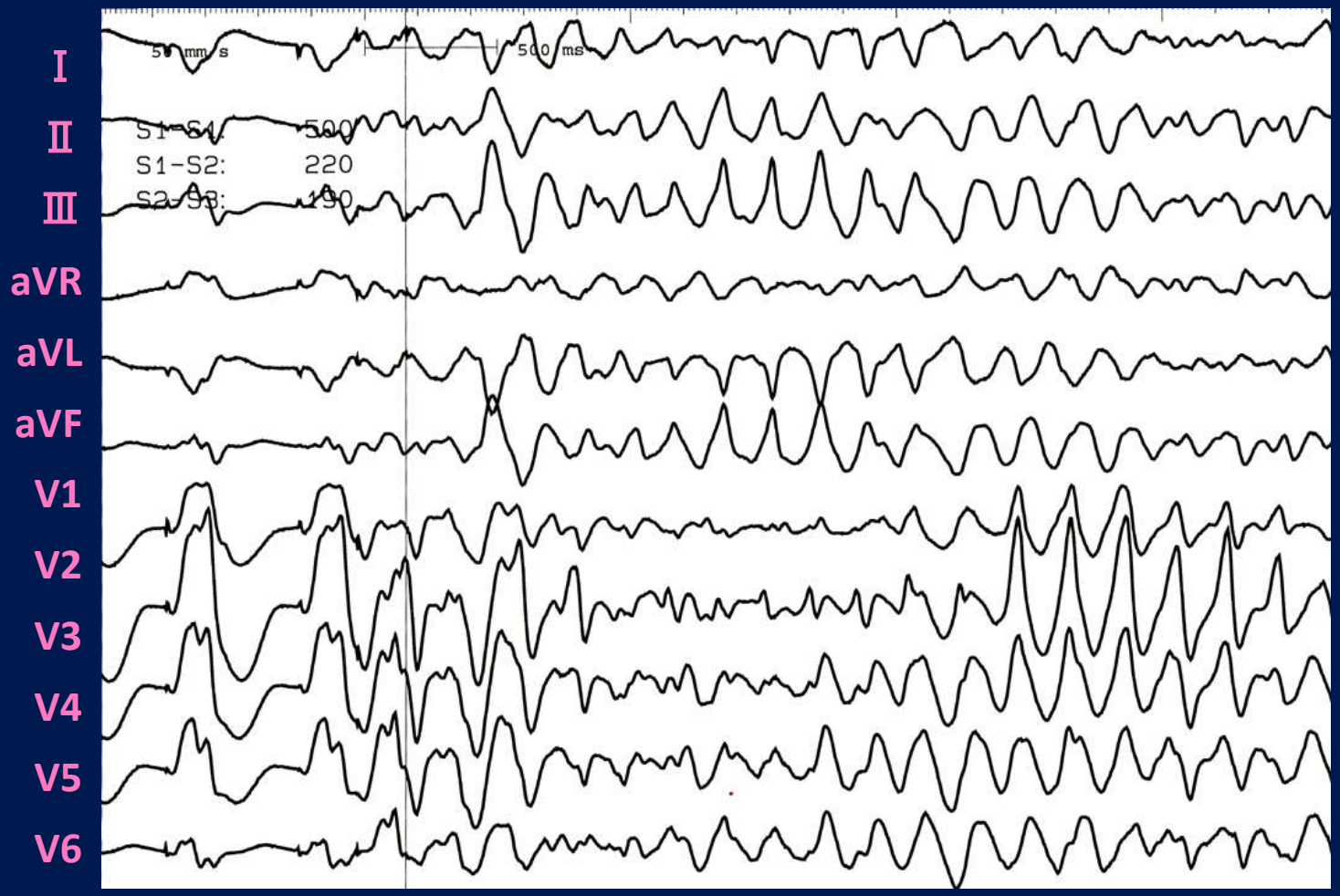
T Wave Alternans



最大TWA値
19.4μV

Ratio 1.4

EPSによるプログラム刺激



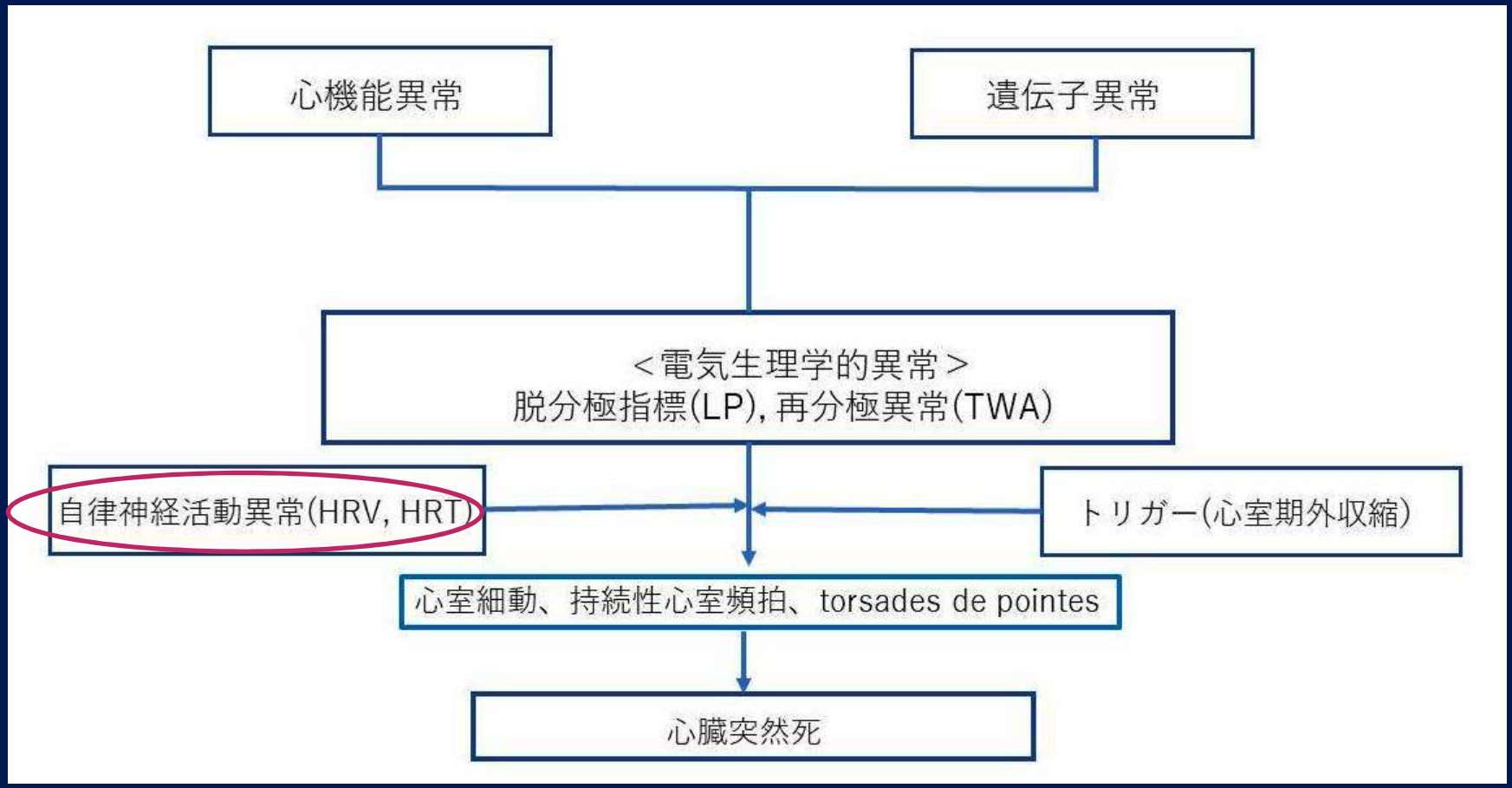
S1-S1 500ms
S1-S2 220ms
S2-S3 190ms

TWAまとめ

- TWAは再分極異常の指標である。
- TWAはホルター心電図連続測定が可能となった。
- TWAはLPと同様に陰性的的中率が高く、陽性的中率は高くないためLow riskの患者を層別化するのに有用である。

HRV(Heart rate variability)

致死性不整脈の発生機序



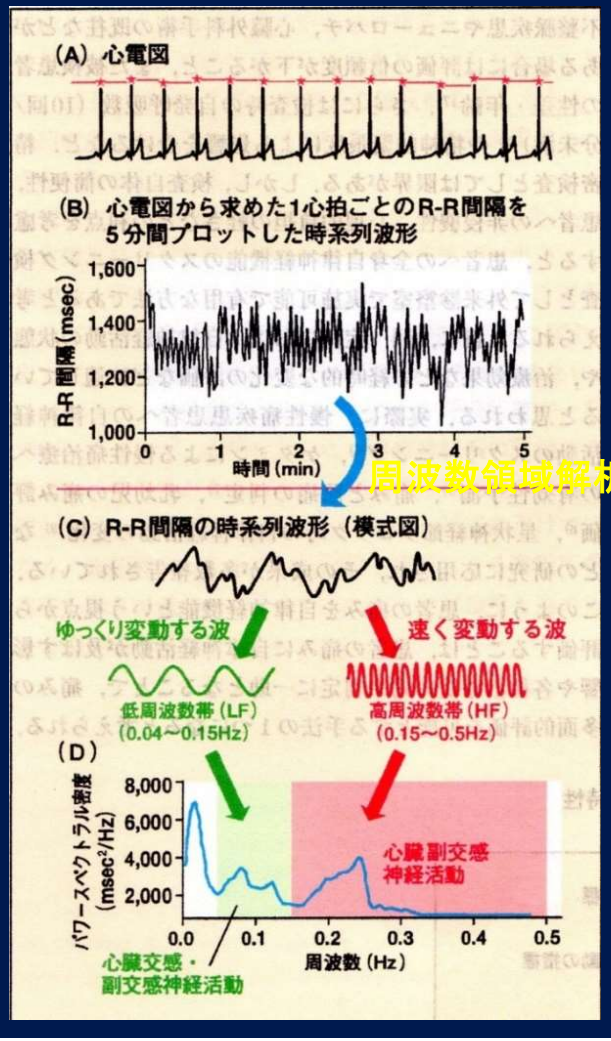
Ikeda T, at el. Circ J. **71** Suppl A: A106-14, 2007.

HRVとは（時間領域解析・周波数領域解析）

HRV のパラメーターとして,
時系列解析で得られる,
① SDNN（24 時間の NN 間隔［正常心拍の RR 間隔］の標準偏差［ms］),
② RMSSD（隣り合う NN 間隔の差の 2 乗の和の平均の平方根［ms］),
③ pNN50（すべての NN 間隔の差が 50 ms 以上異なる NN 間隔の全体に対する比率［%］）

時間領域解析(Time domain)

HRVは通常のホルター24時間心電図
にて計測できる



周波数領域解析(Frequency domain)

小川洋二郎, Anesthesia 21 century 2011
vol13.(2)20-25.

HRVの原理

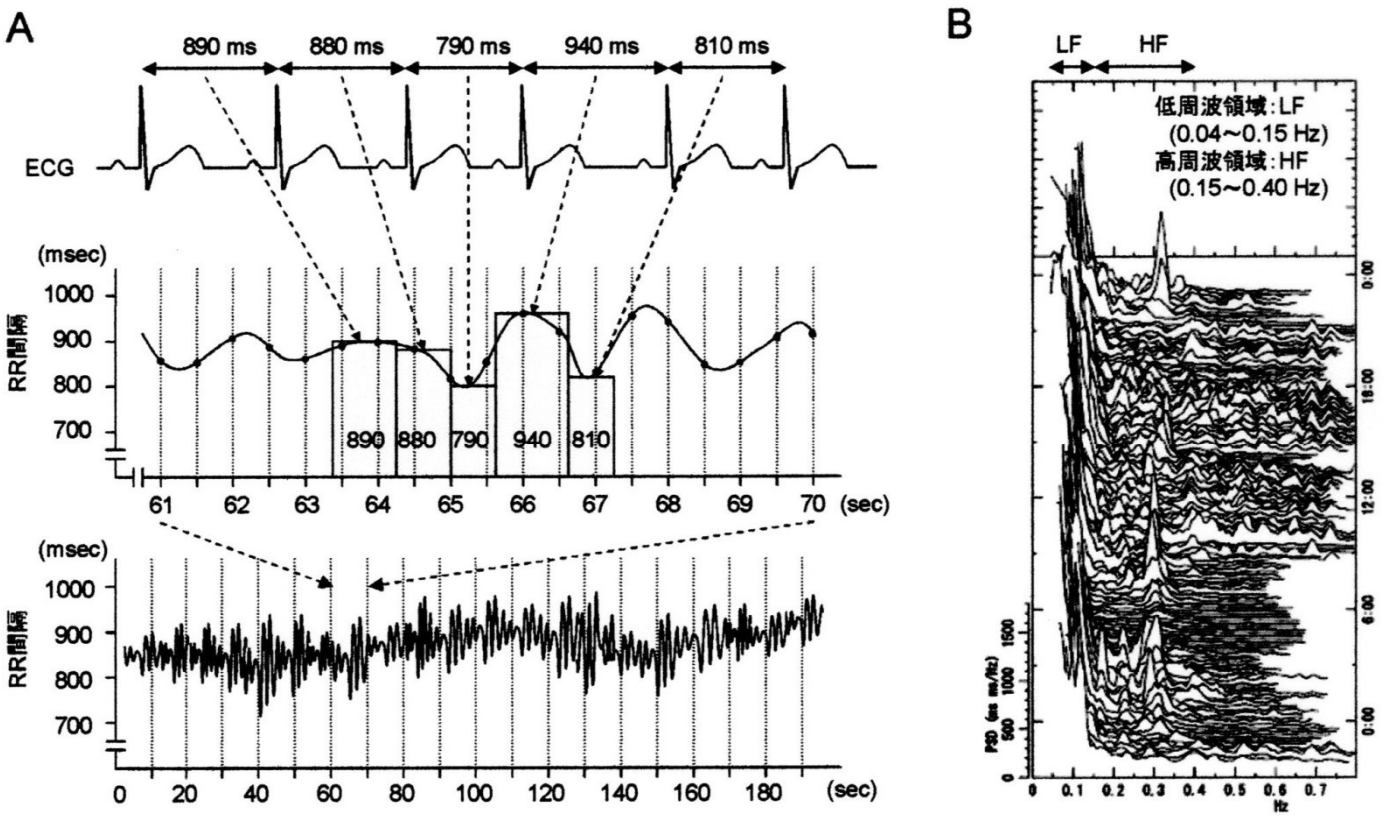


図 7　タイムドメイン解析（A）とスペクトル解析（B）による HRT 解析の原理と実際

自律神経活動、特に副交感（迷走）神経活動が低下している患者では心臓死をきたしやすい。

池田隆徳. 循環病理レビュー 2014.(15).17-26

時間領域解析（Time domain解析）

- 線形解析法

- 対象とする時系列のRRのデータを時間軸に沿って解析する方法である。時間領域解析にはRR間隔（NN間隔）の標準偏差（SD）などを求めた指標や、隣り合ったNN間隔の差の標準偏差（SD）及び、隣り合ったNN間隔の差が50msを超える比率を求めた指標などがある。時間領域の指標の定義を表に記す。
- なかでも、SDNNは最も心臓突然死との関連が報告されている(時間領域解析におけるパラメータの多くは副交感神経活動を反映している。

周波数領域解析 (Frequency domain解析)

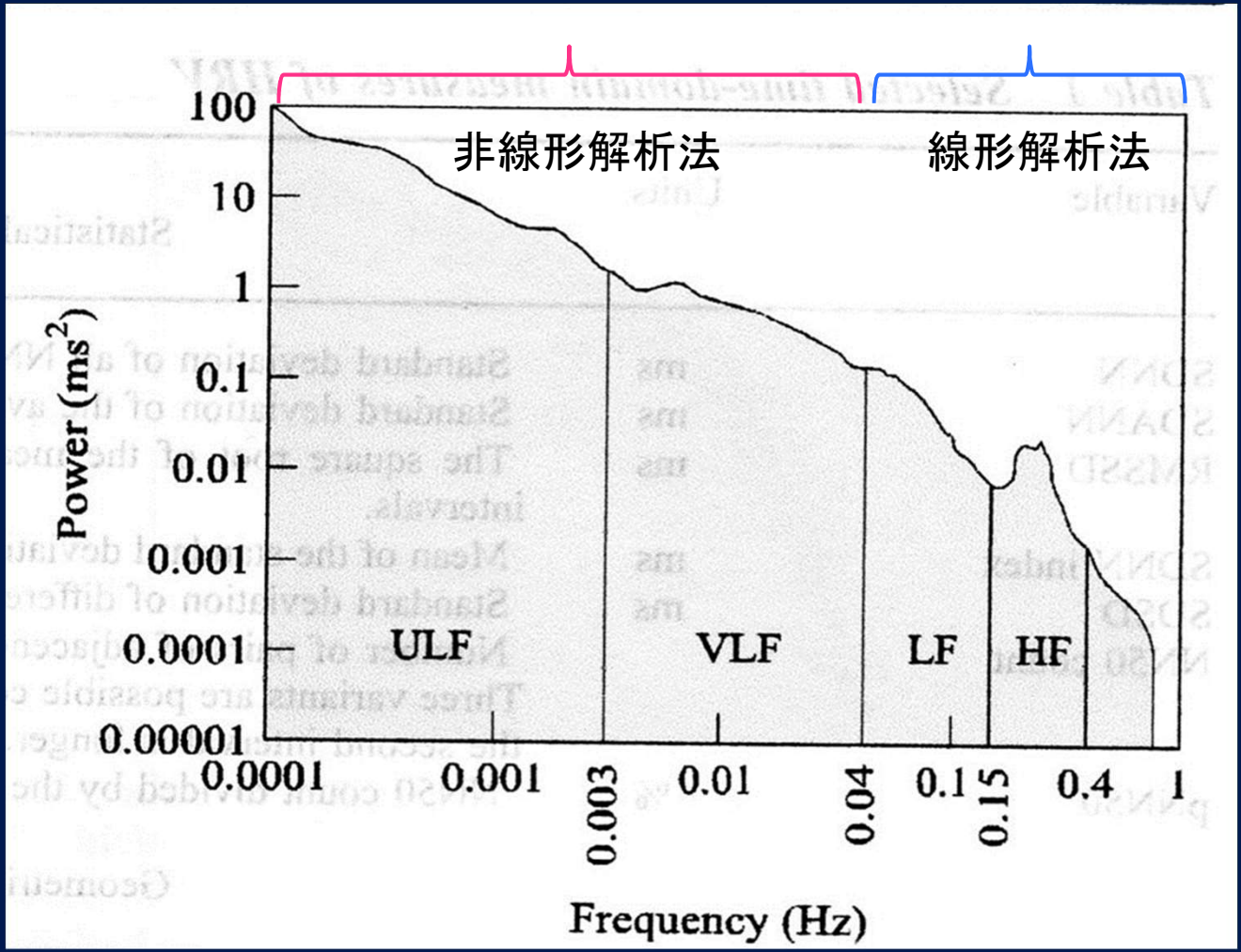
- 心拍変動を周波数帯毎に変換して解析する方法を周波数領域解析法という。基本原理として、周波数領域解析法は光の成分をプリズムにて分けることと同じである。この方法は複数の波から形成されるRRの変動を数学的手法により変換し行う。
- 数学的な変換手法として高速フーリエ変換（FFT）、最大エントロフィー法（MEM）、自己回帰モデル（AR）がある。特定の周波数をもつ指標は低周波成分（low frequency: LF, 0.04-0.15Hz）と高周波成分(high frequency: HF, 0.15-0.40Hz)からなる。

HRV各パラメータの定義

時間領域の心拍変動指標
SDNN：24 時間すべての NN 間隔の標準偏差（単位；ms）
SDNN index：すべての 5 分ごとの NN 間隔の標準偏差の平均（単位；ms）
SDANN：すべての 5 分ごとの NN 間隔の平均の標準偏差（単位；ms）
RMSSD：隣り合った NN 間隔の差の 2 乗の和の平均の平方根（単位；ms）
NN50：隣り合った NN 間隔の差が 50 ms 以上ある NN ペアの和
pNN50：すべての NN 間隔が 50 ms 以上異なる NN 間隔の全体に対する比率（単位；%）
HRV triangular index：24 時間の NN 間隔を加算し，総数をヒストグラムの頂点の高さ（最高頻度）で割った値
TINN：24 時間の NN 間隔のヒストグラムを三角形で近似した時の底辺の長さ（ms）
周波数領域の心拍変動指標
TP（total power）：すべての NN 間隔の変動～≦0.4 Hz（単位；ms^2）
ULF（ultra low frequency）：ULF 領域のパワー≦0.003 Hz（単位；ms^2）
VLF（very low frequency）：VLF 領域のパワー 0.003～0.04 Hz（単位；ms^2）
LF（low frequency）：LF 領域のパワー 0.04～0.15 Hz（ms^2）
LF norm：LF power in normalized units；LF/（total power−VLF）×100
HF（high frequency）：HF 領域のパワー 0.15～0.4 Hz（ms^2）
HF norm：HF power in normalized units HF/（total power−VLF）×100
Power-law scaling exponent：両対数スペクトルの 10^{-2} Hz から 10^{-4} Hz まで回帰直線の傾き（β）
非線形およびフラクタル分析指標
SD1：ポアンカレプロットから求められる短期の心拍変動指標
SD2：ポアンカレプロットから求められる長期の心拍変動指標

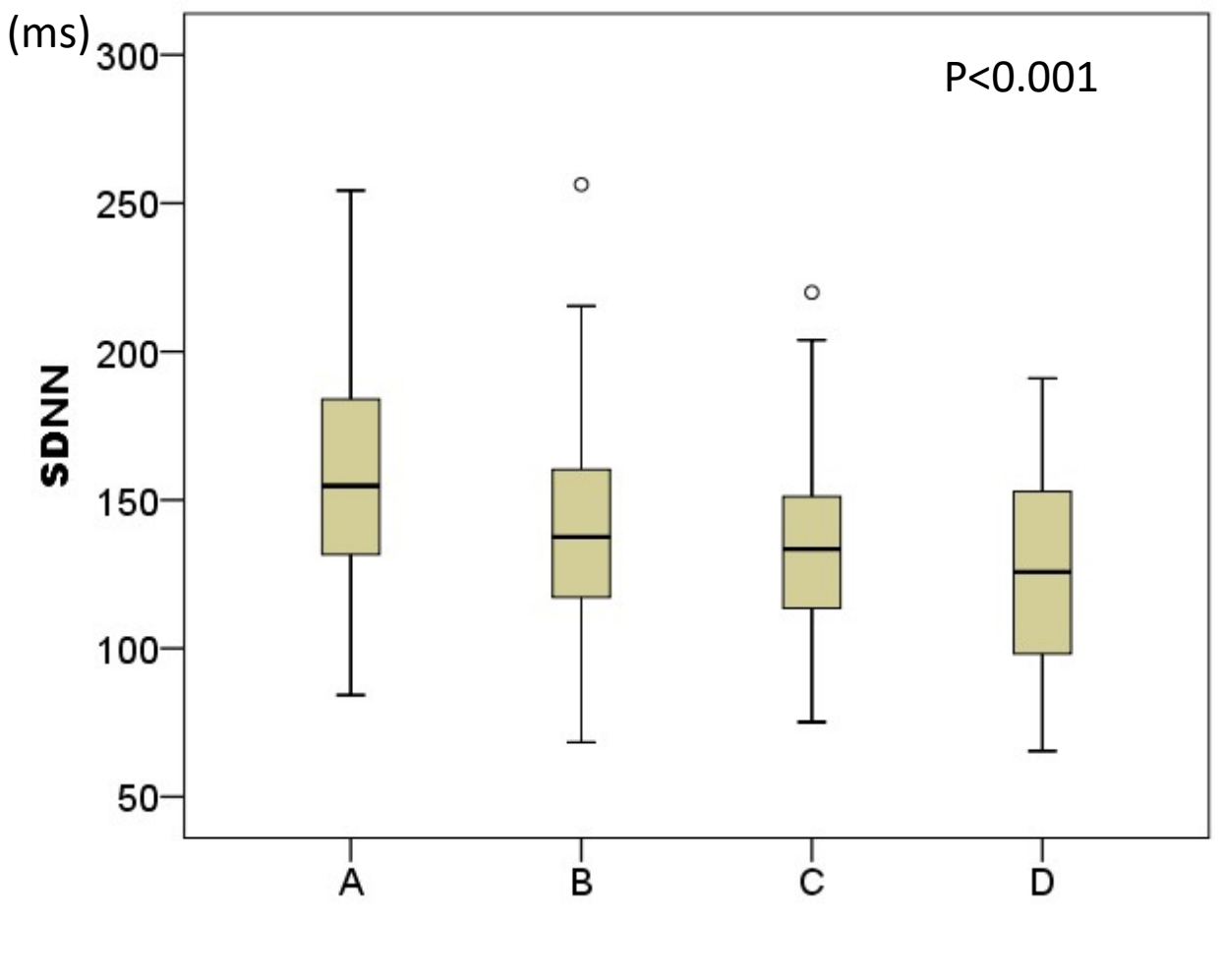
よく使用されるLF/HFは交感神経、副交感神経のバランスの指標。
LFは交感神経＋副交感神経の要素を含む。
HF、RMSSD、NN50 、pNN50は副交感神経指標。

HRVスペクトル法



Malik M et al. Circulation.1996,17:354-381.

年代別によるSDNNの変化



A:20-39歳
B:40-59歳
C:60-79歳
D:80歳以上

（健常者254名のデータ）

橋本賢一. 抗加齢医学会総会2017.東京

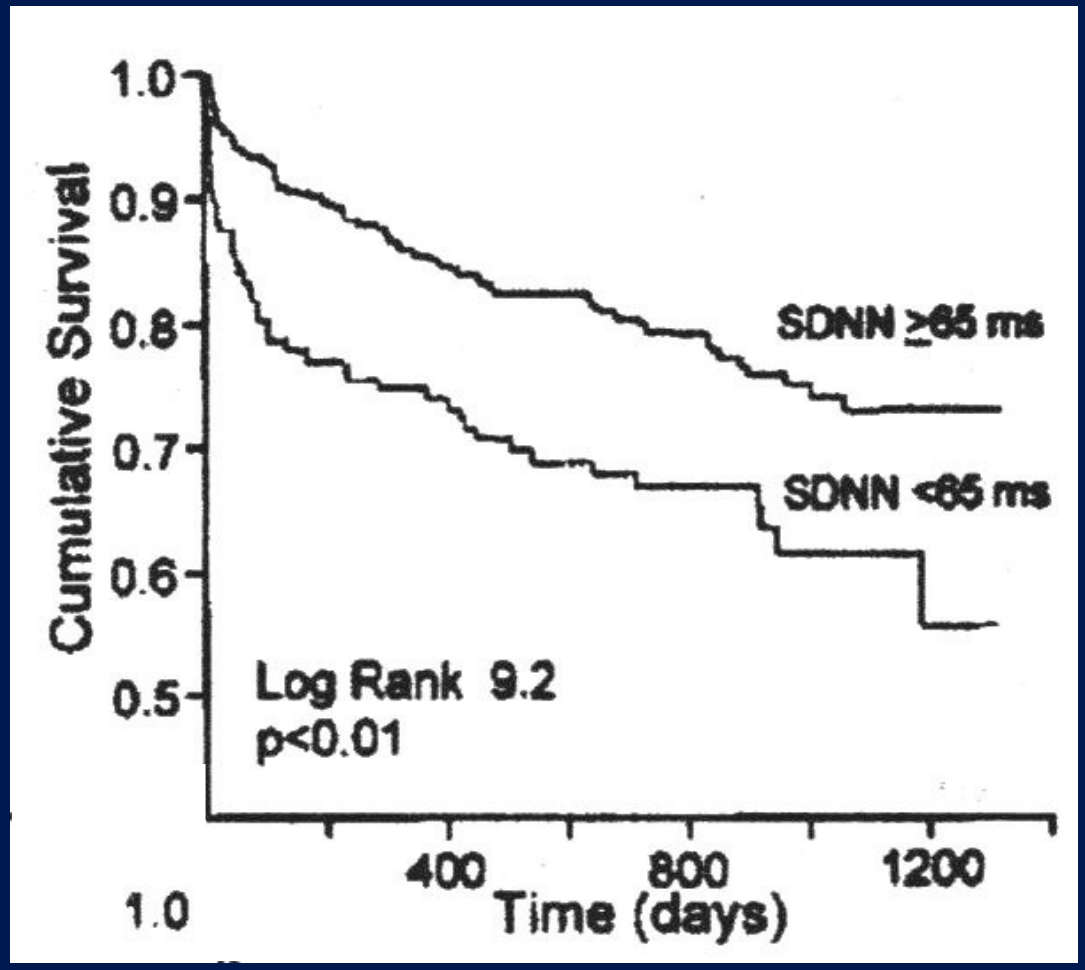
HRV(タイムドメイン法）の基準値

			5th	25th	50th	75th	95th
SDNN (ms)	M	20–30	109.24	150.28	174.68	210.75	259.25
		30–40	113.40	137.25	160.84	185.13	252.99
		40–50	91.64	116.73	141.47	170.09	209.27
		50–60	77.48	101.37	131.76	158.79	192.82
	F	20–30	103.97	133.07	152.61	177.14	232.70
		30–40	90.15	114.43	137.81	160.07	206.19
		40–50	89.21	109.64	126.52	150.97	184.25
		50–60	82.55	97.65	118.78	146.31	178.30
RMSSD (ms)	M	20–30	25.16	34.91	48.65	70.30	101.15
		30–40	22.35	30.34	41.06	50.22	75.11
		40–50	18.58	24.93	34.02	44.45	67.58
		50–60	15.02	23.30	29.08	35.64	56.76
	F	20–30	22.71	35.49	43.26	59.45	90.29
		30–40	20.38	28.36	36.82	50.50	71.95
		40–50	15.72	23.48	30.55	36.78	58.71
		50–60	16.18	21.06	25.90	33.06	52.18
pNN50 (%)	M	20–30	4.65	10.47	18.29	30.43	40.91
		30–40	3.09	6.96	12.96	19.89	30.02
		40–50	1.26	3.47	9.81	16.44	29.58
		50–60	0.60	2.70	4.74	9.19	23.62
	F	20–30	3.22	10.44	14.60	25.05	36.95
		30–40	1.73	6.08	11.06	19.30	30.91
		40–50	0.76	3.13	6.51	11.84	22.19
		50–60	0.61	2.17	4.05	7.89	17.13
SDANN (ms)	M	20–30	94.49	125.58	148.54	181.44	232.30
		30–40	94.91	116.45	136.84	162.51	221.54
		40–50	77.57	103.62	121.85	146.94	185.15
		50–60	66.24	91.52	118.64	142.74	172.74
	F	20–30	84.01	112.16	133.18	151.19	213.89
		30–40	69.93	95.64	116.19	142.39	182.48
		40–50	72.89	93.25	110.58	135.87	168.92
		50–60	67.71	85.18	105.20	131.75	163.97

Samitto et al. Heart rhythm. **14**:304-307, 2017.

急性心筋梗塞後患者を対象とした生存曲線(心拍変動解析）

生存率



Huikuri HV et al. Circulation **101**: 47-53, 2000.

第51回　埼玉不整脈ペーシング研究会　2017年12月16日　さいたま市

非接触バイタル計測マイクロ波センサーでチルトテーブルテスト中の心拍変動を解析し得た神経調節性失神

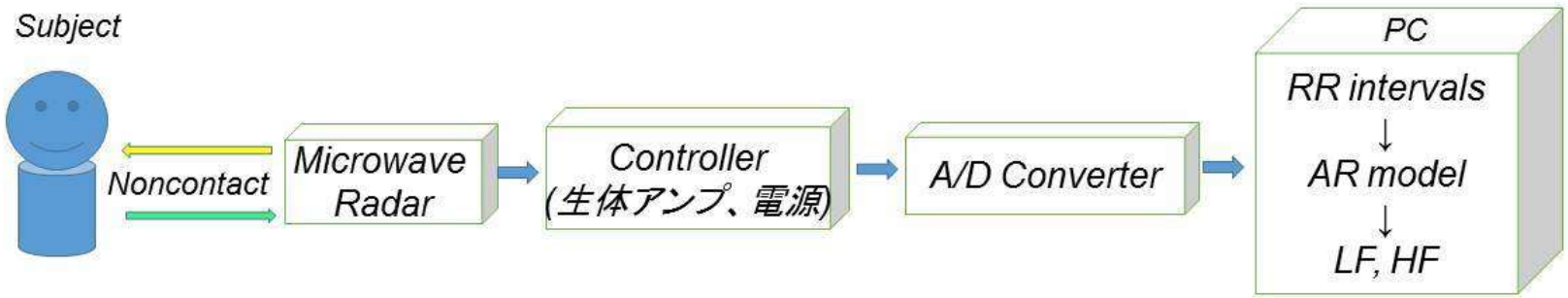
- 高瀬凡平[1)]、橋本賢一[1)]、眞崎暢之[1)], 足立　健[2)],孫　光鎬[3)]、松井岳巳[4)]

- 1)防衛医科大学校　集中治療部
- 2)防衛医科大学校　循環器内科
- 3)電気通信大学 大学院情報理工学研究科　機械知能システム学
- 4)首都大学東京　システムデザイン学部

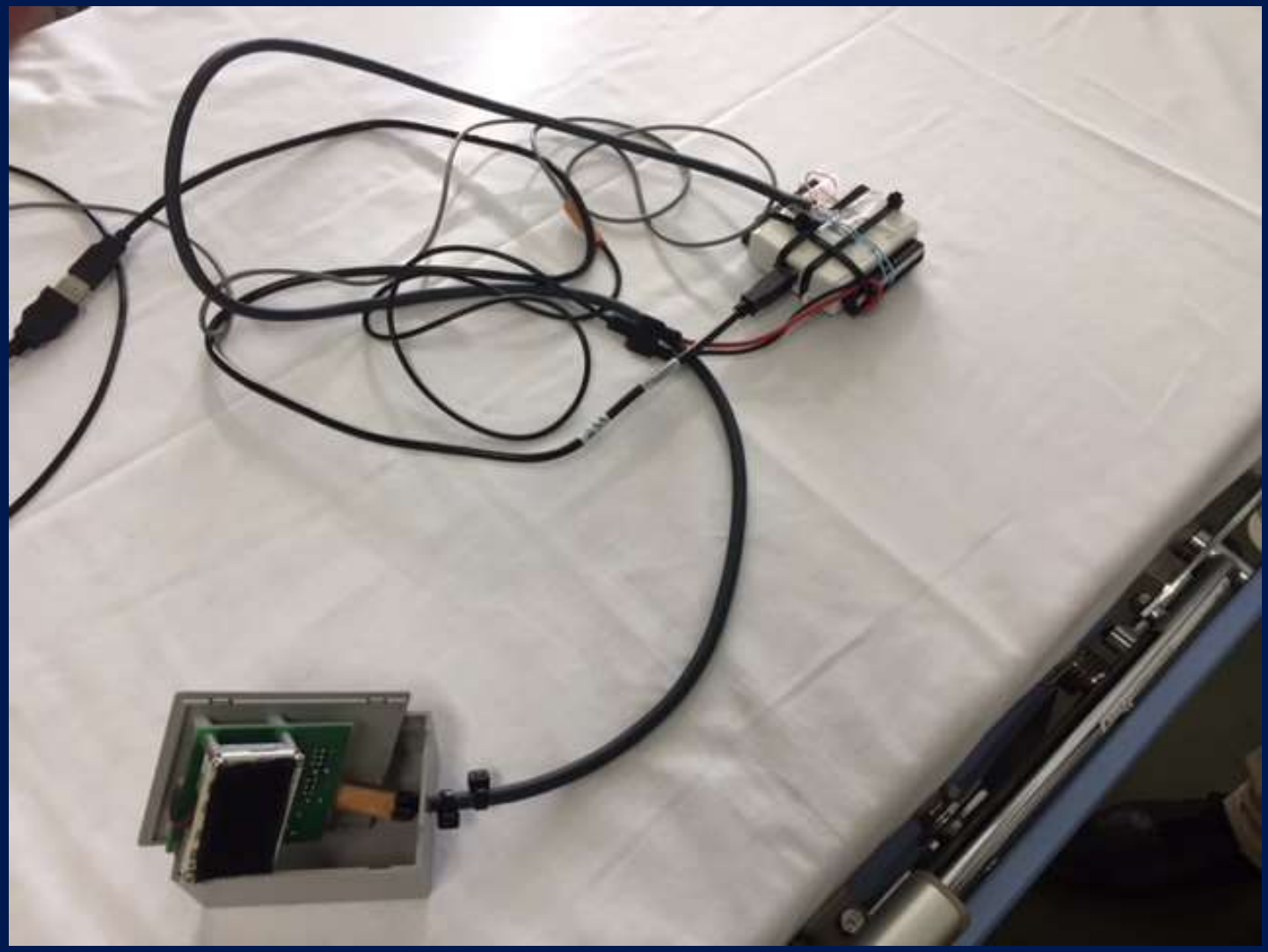
方法　マイクロ波レーダーの設置

具体的に，マイクロ波レーダーは，研究対象者の心臓を身体の前面にヘッドアップティルト試験時に用いる身体固定用ベルトの外側面に装着する。また，マイクロ波レーダーはABS樹脂ケース（外側寸法：85．5x59x26．5mm）に入れて固定しているため，身体と密接ではなく，電波を照射するアンテナ面から少なくとも2cm以上の距離を保つようにする。

マイクロ波レーダーによる非接触心拍解析アルゴリズム



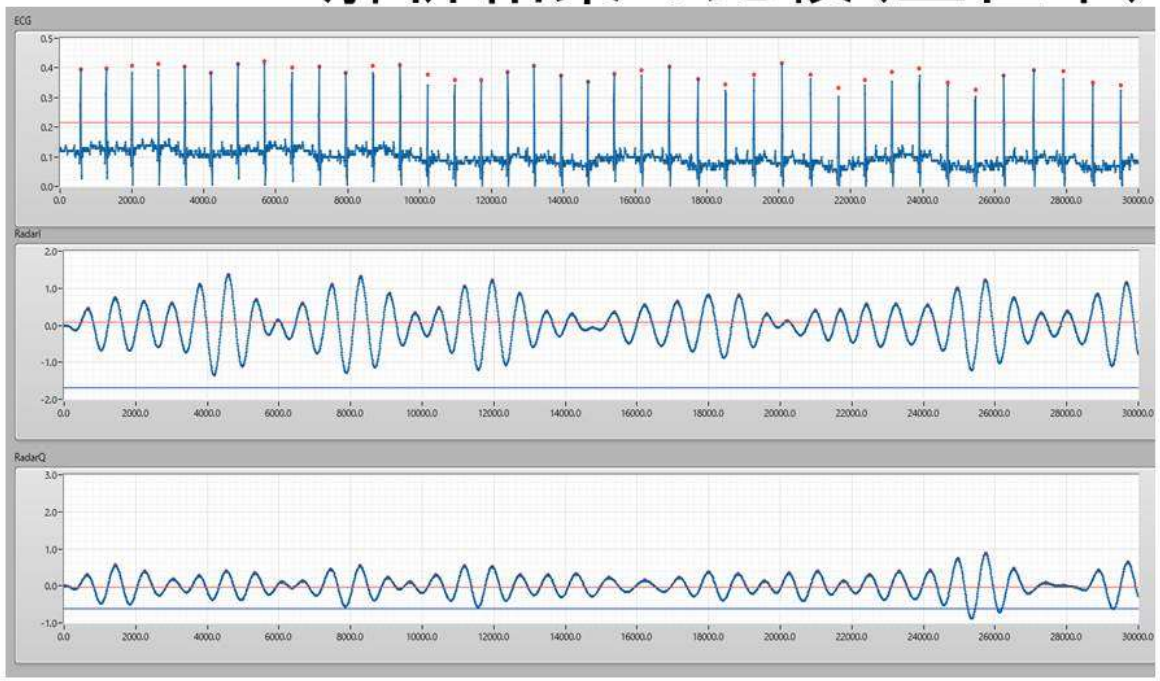
マイクロ波レーダーシステム全体写真



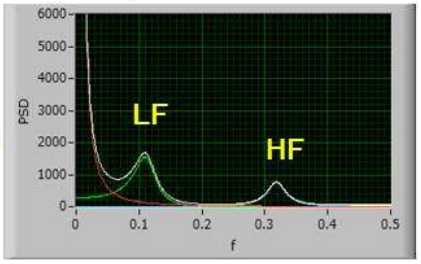
症例呈示

症例：20才女性。
主訴：失神
現病歴：18歳時に、発熱による点滴後に立ち上がろうとして失神した。19才時には立位でトレーニング(プレス中)に、嘔気悪心後に失神した。20才時に老人施設で立位で見学中に失神した。いずれも意識障害は数分間であった。また意識障害時にけいれんはなかった。失神の精査目的に当院外来を受診した。

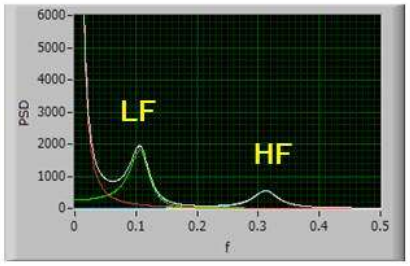
結果：ECGモニターとマイクロ波センサーの解析結果の比較（立位中）



ECG(HRV解析)



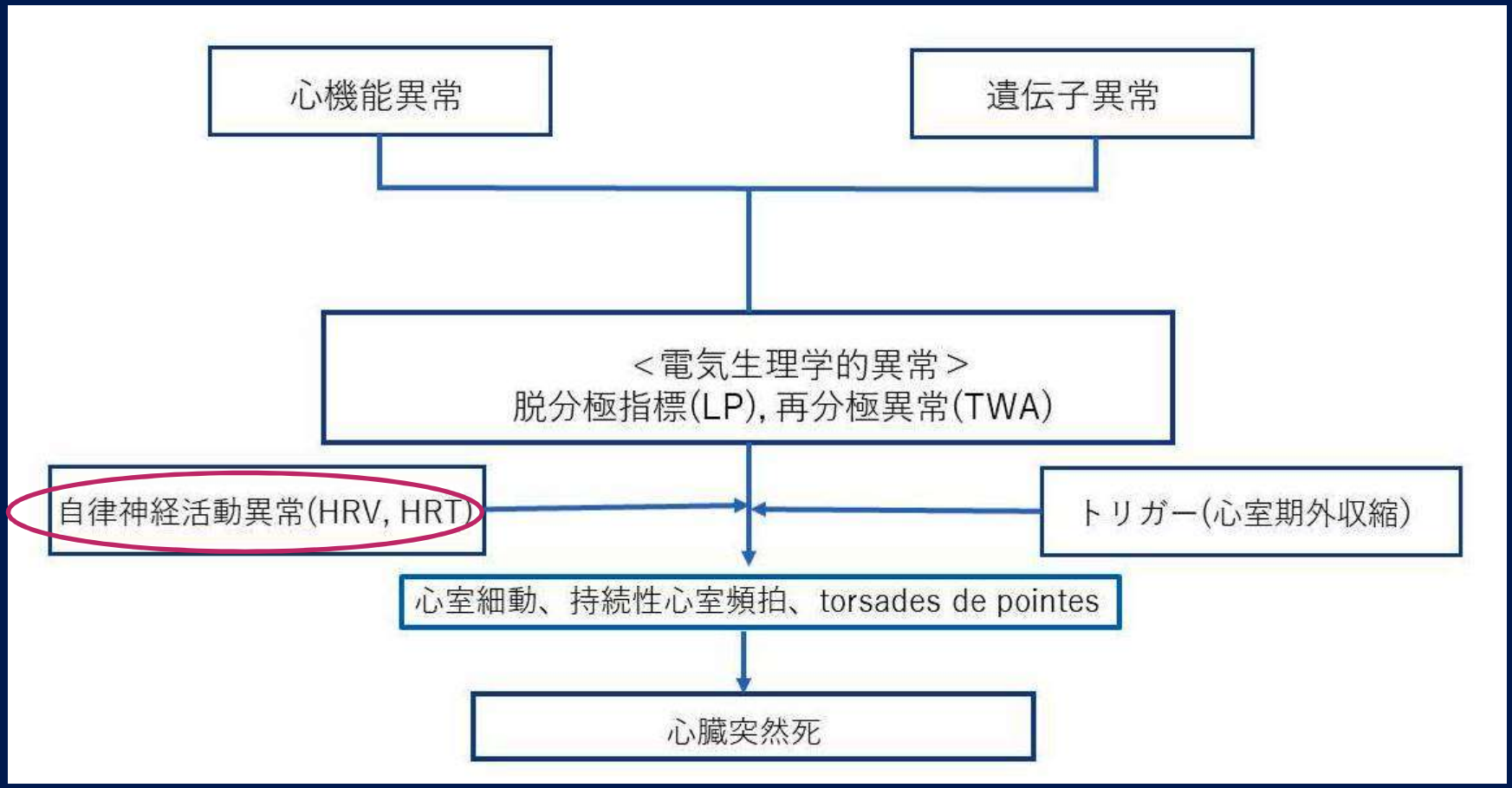
Radar(HRV解析)



ECGモニターとマイクロ波センサーの解析結果の比較では高い相関が得られた

HRT(Heart rate turbulence)

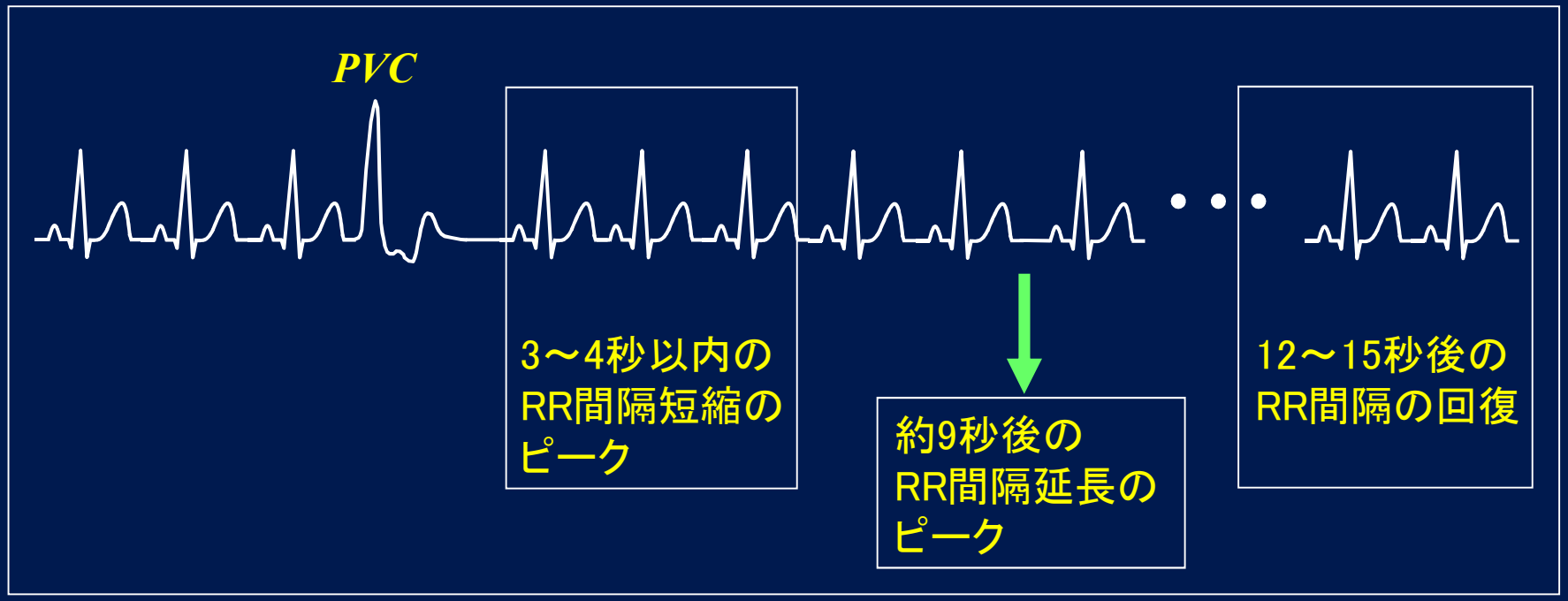
致死性不整脈の発生機序



Ikeda T, at el. Circ J. **71** Suppl A: A106-14, 2007.

HRTとは？

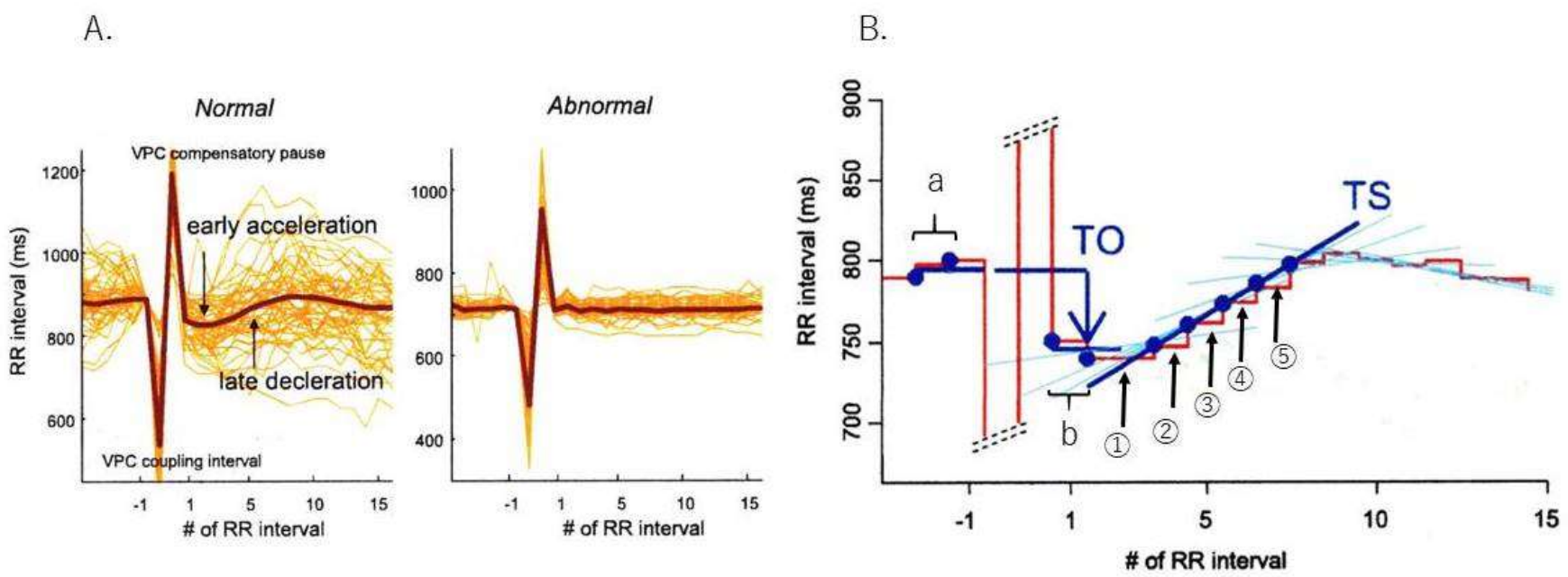
HRT*：*Heart Rate Turbulence 心室期外収縮（*PVC*）後に生じる生理的な２相性の洞結節反応で、*PVC*直後の心拍数増加とその後の心拍数漸減よりなる現象。



HRTは、***PVC***後の***RR***間隔の短縮と、それに続く延長を見た心拍のゆらぎ

Schmidt G, Malik M,et al.Lancet 353:1360-1396,1999
田邉晃久：heart rate turbulence（HRT）.心臓突然死を予知するための不整脈ノンインベイシブ検査：143-156,2010

ハートレートタービュランスのタコグラム(速度曲線)と測定

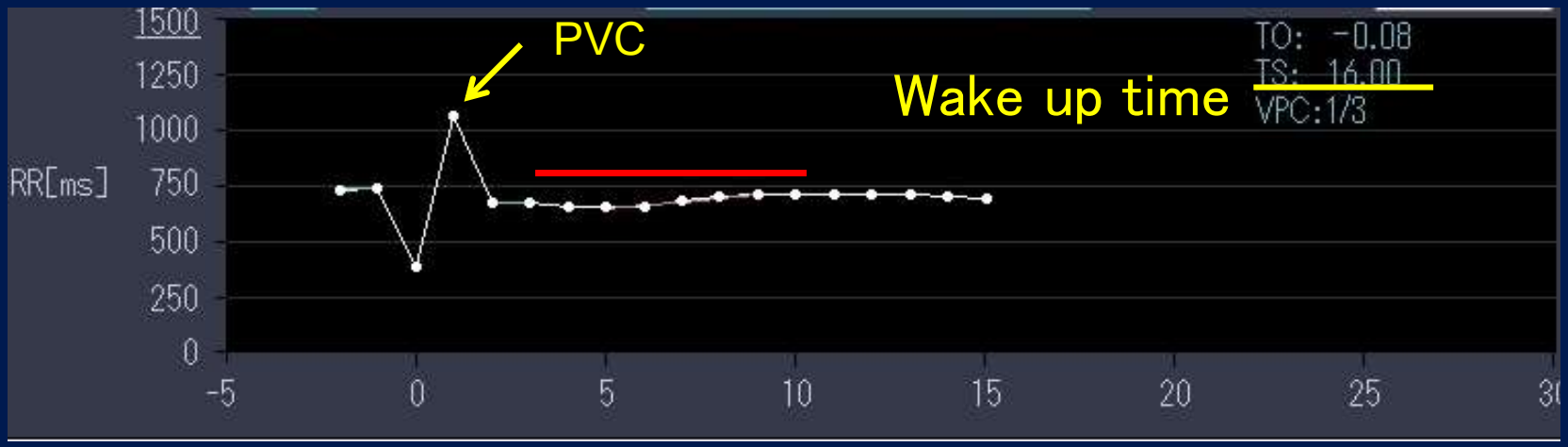


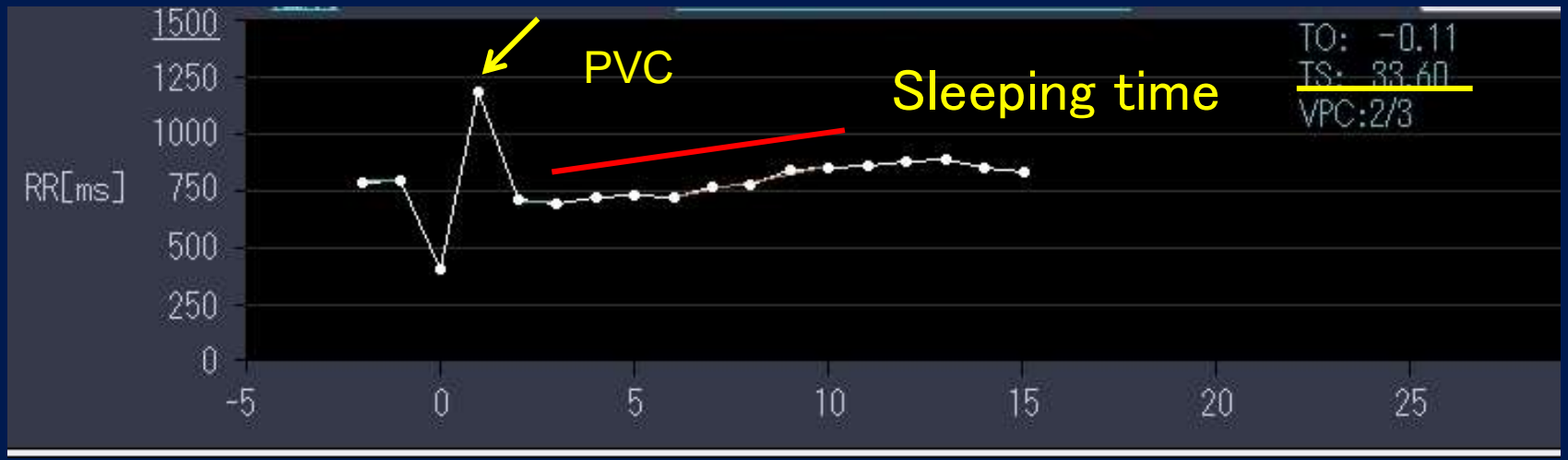
TO=a-b/b, TS=①−⑤の中の最大の傾き

Bauer A, et al. J Am Coll Cardiol. 2008;52(17):1353-65.

32歳男性　健常者

In this case, TS revealed Larger in sleep time than that in wake up time.

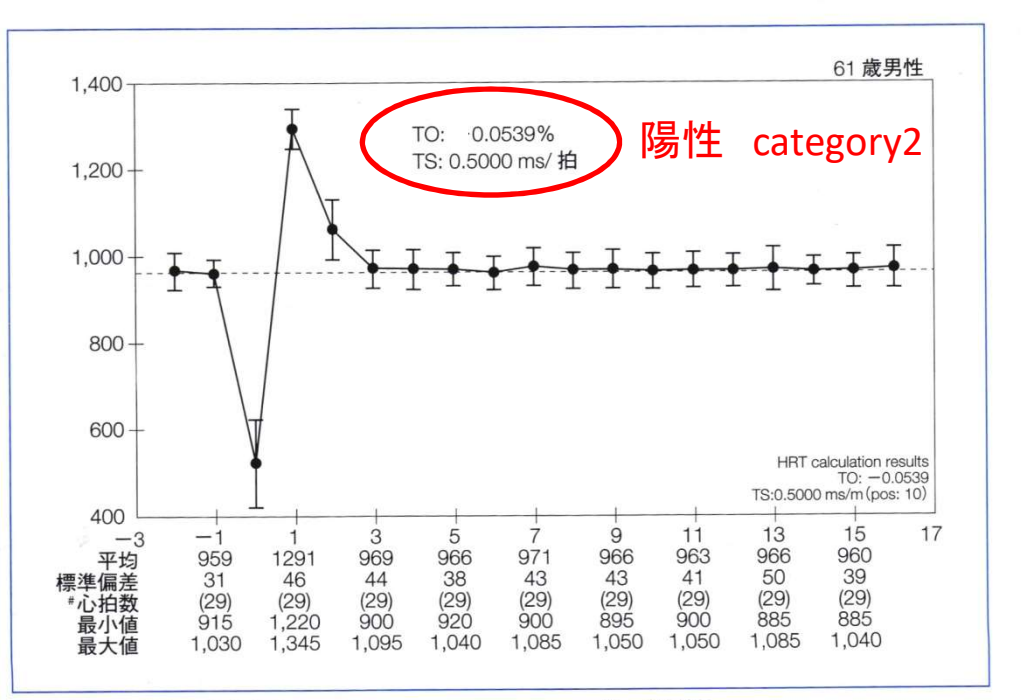




67

症例　61才男性

52歳時より拡張型心筋症と診断されていた。持続性心室頻拍を認め、アミオダロン200mg/日が投与されていたが、減量(100mg/日）された後時々前失神やめまいを生じるようになった。2006年3月初旬に入浴中に意識障害を起こし、救急車にて搬送され入院となった。来院時は心室細動であった。入院後蘇生術とともにニフェカラントを投与し、救命できた。ICDの施術後、外来にて経過観察を行ったがその後突然死した。突然死一ヶ月前のHRTをしめす。



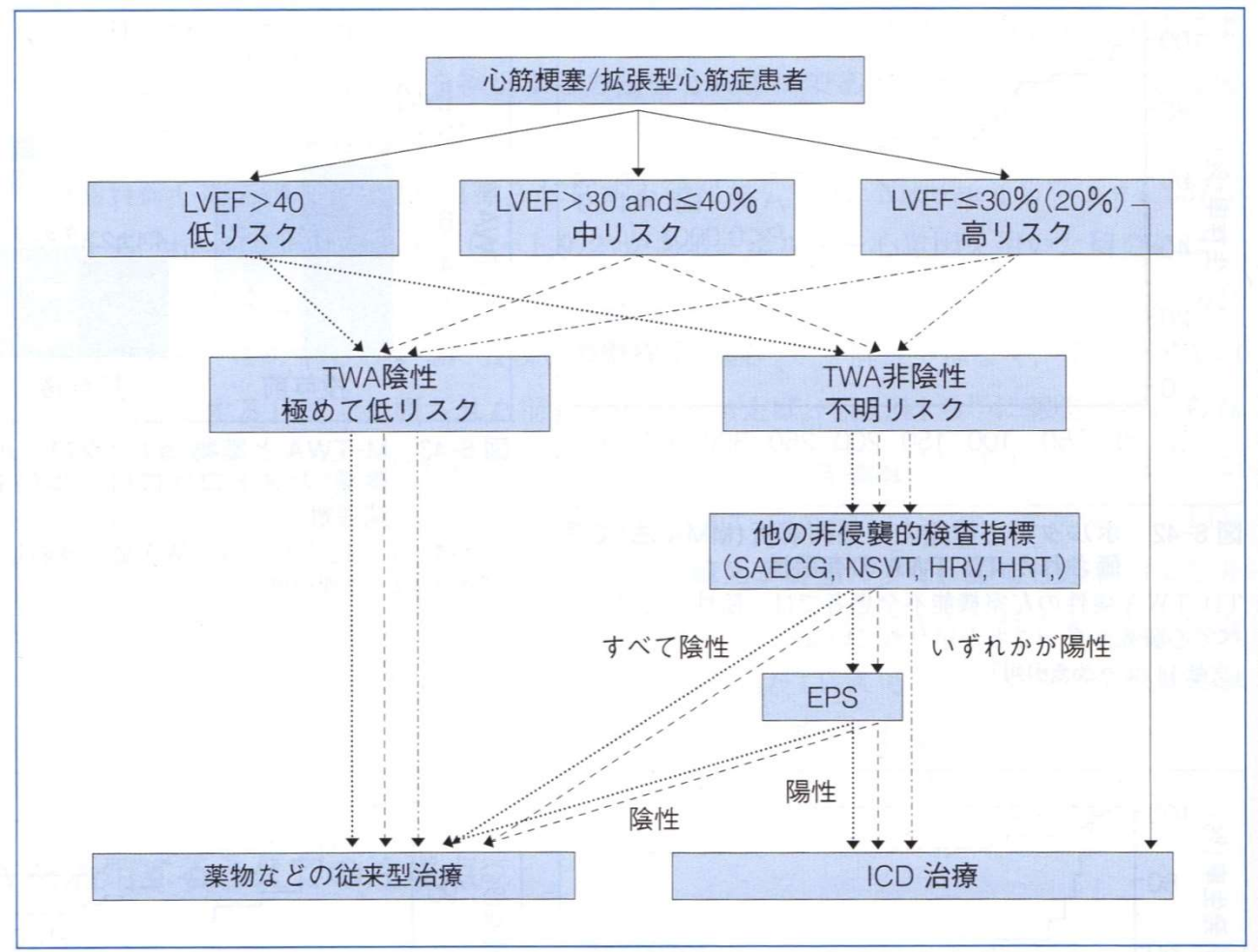
陰性基準値は
TO＜0%、
TS＞2.5 [ms/RRI]

田邉晃久 :heart rate turbulence (HRT). 心臓突然死を予知するための不整脈ノンインベイシブ検査 :143-156,2010

HRVとHRTのまとめ

- HRV, HRTともに自律神経活動の異常を検出し突然死を予知する指標である。しかしながら、自律神経活動は加齢に伴い変化するため注意が必要である。
- HRVはSDNNが最も重要。（cut off値　65ms以下）
- HRVはPVCが多いと評価が困難となる。逆にHRVはPVCが少な過ぎると評価が出来ない。

リスク層別化のアルゴリズム



池田隆徳:心臓突然死を予知するための不整脈ノンインベイシブ検査:P236

今後の課題

(1次予防としての不整脈による心臓突然死を防止するために)

①LP, TWA, HRT, HRVを組み合わせたリスク層別化の検討が必要。

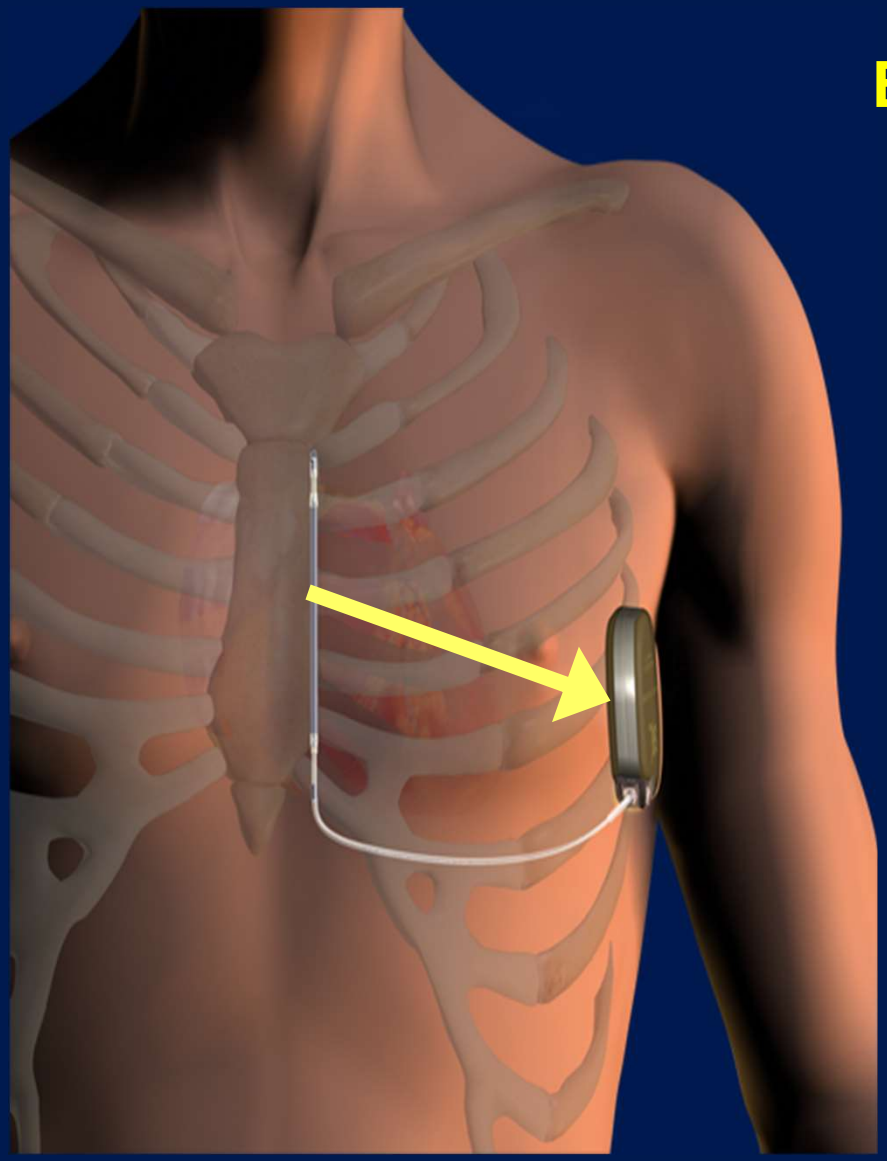
②各疾患(心筋梗塞、心筋症、心不全、肥大型心筋症、拡張型心筋症)毎におけるLP,TWA及びHRTのcut off値の検討が必要。

④大規模な日本人のエビデンスが少ない。

Ⅱ. 完全皮下植込み型除細動器(S-ICD)について

完全皮下植込み型除細動器(S-ICD)について

- S-ICDはシステム（ジェネレーター本体、リード線）がすべて皮下に植え込まれており、静脈や心腔内の血流中にリードが留置されていない点が従来の経静脈的ICD（TV-ICD)と異なる。



EMBLEM™ S-ICDシステム

- 完全な皮下植込み型
- 心臓にリードを留置する必要がなく、血管系に触れることもない
- 解剖学的に植込み位置を決定するため、植込み時のエックス線透視の必要性が低減

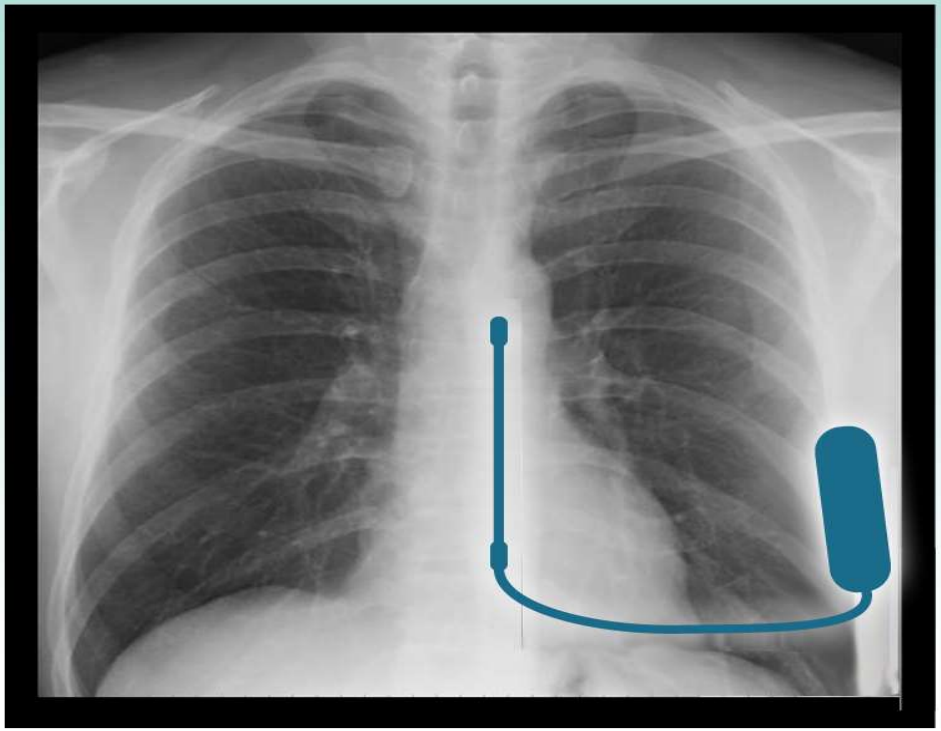
S-ICDが開発された経緯

- 機種によって予想外のリード露出などのリコールが繰り返された。
- 活動性の高い若年者でリード損傷が多かった。
- 高齢者、糖尿病患者、呼吸不全患者、心不全患者など感染症ハイリスク患者の症例が増えリード感染、感染性心内膜炎などの発生頻度も増えていた。

デンマークのペースメーカおよびICDレジストリ
(N=5918、2010～2011年、6か月)

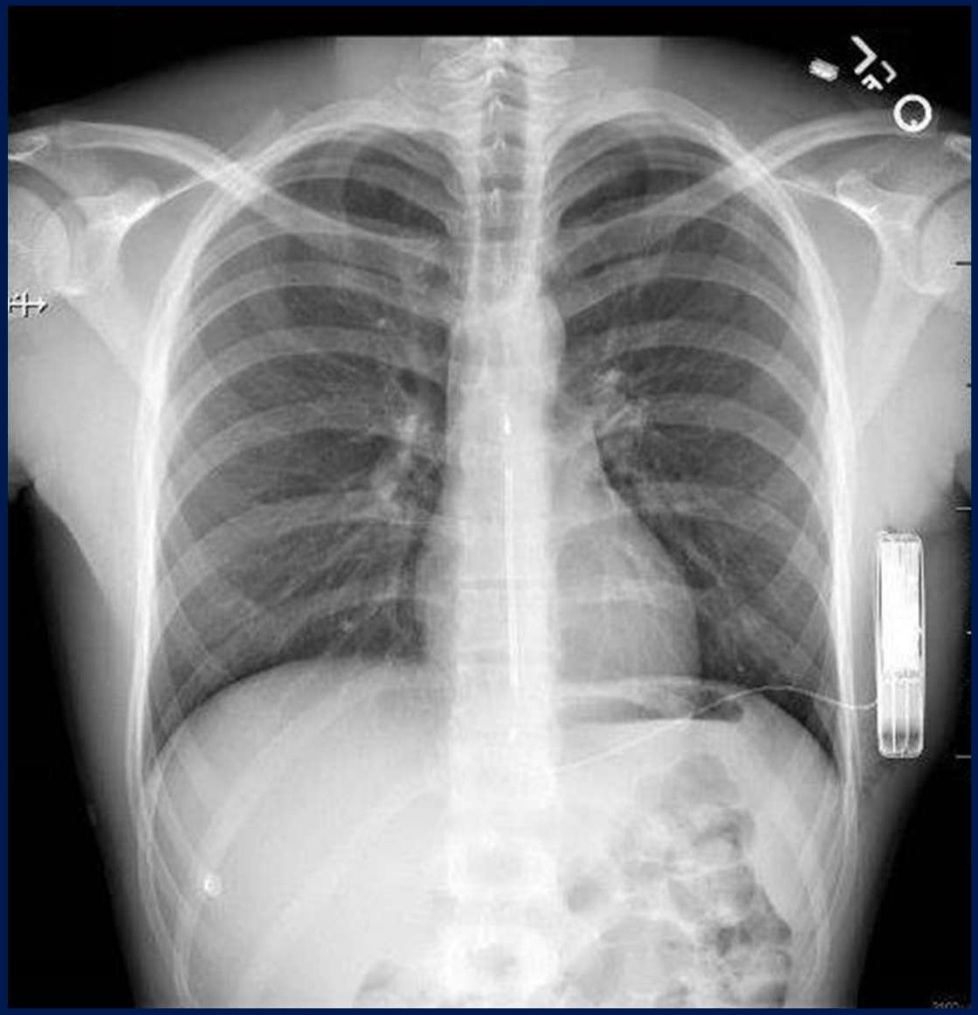
- 9.5%の患者が合併症を呈した(主要合併症5.6%)
- 2.8%の患者が6か月以内にリード関連の処置を再び受けた
- デュアルチャンバICD患者のリスクが高かった(14%、RR=2.0)
- アップグレード時およびリード修正時のリスクが高かった(15%)

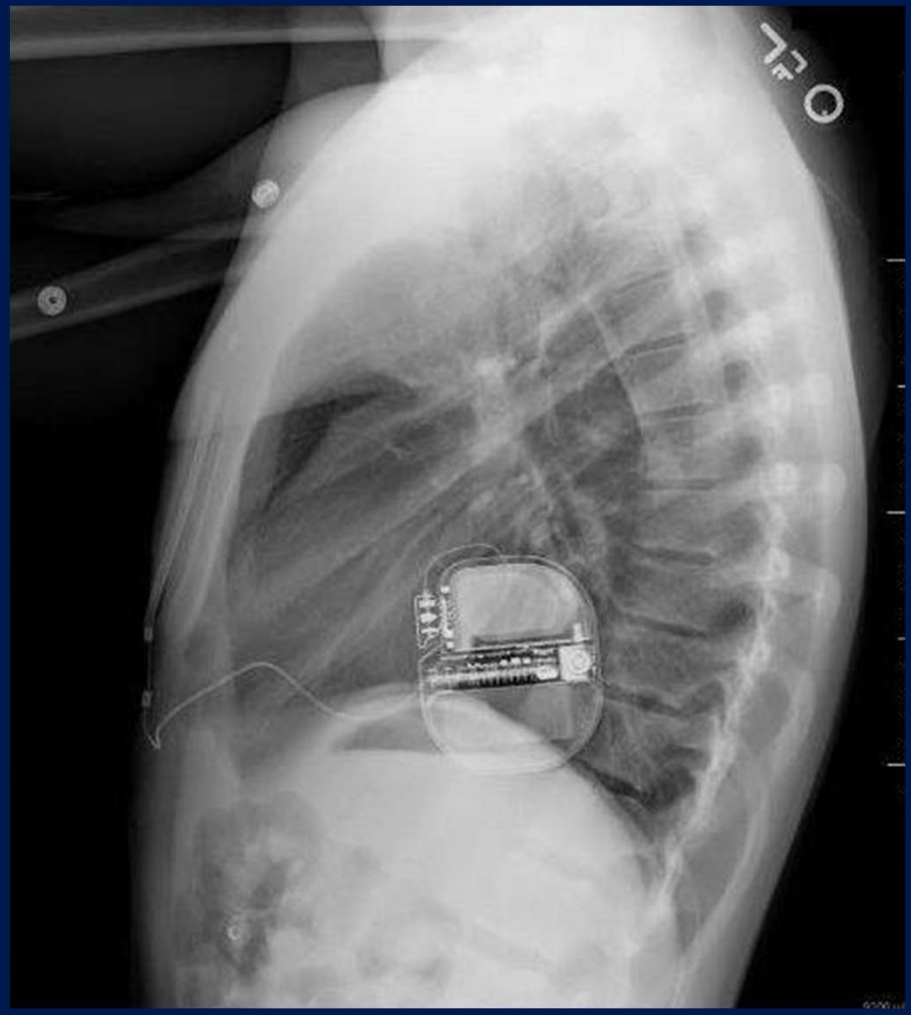
Kirkfeldt RE et al. Europian Heart J 2014. 35, 1186-1194.



- EMBLEM™ S-ICDリードの電極、コイル部分は胸骨正中線に平行で胸骨左縁に沿う位置に留置
- パルスジェネレータはおよそ第五ー六肋間、中腋窩線に留置し、横隔膜より上にあること

S-ICD植込み後の胸部X線





S-ICD植込み後の体表写真

23歳、48kg

SICD 適応症例、非適応症例

適応症例

・血管アクセスが困難又は不可能な症例（閉塞又は先天的）。
・デバイス感染の既往がある症例、感染リスクが高い症例。
・徐脈によるペーシング機能や抗頻拍ペーシングの必要がない症例。

不適応

・徐脈性不整脈を合併しペーシング機能が必要な症例。
・繰り返し発症する単形性VTがあり抗頻拍ペーシングが有効な症例。

古山准二郎. 循環器内科　2017.81:89-93

Ⅲ. 着用型自動除細動器 LifeVest
Wearable Cardioverter Defibrillator (WCD)

Wearable Cardioverter Defibrillator (WCD)とは？

- WICDはジャケット型の除細動器であり、VT,Vfのリスクが高いと考えられる一定期間に使用できる。その後、TV-ICDまたはS-ICDを検討する。心機能の改善などにより、ICDの適応がなしと判断される場合はWICD装着を中止する。

着用型自動除細動器 LifeVest

Wearable Cardioverter Defibrillator (WCD)

心電図電極
- ドライ
- 4つの電極で2誘導

除細動電極
（セルフジェリング）

レスポンスボタン

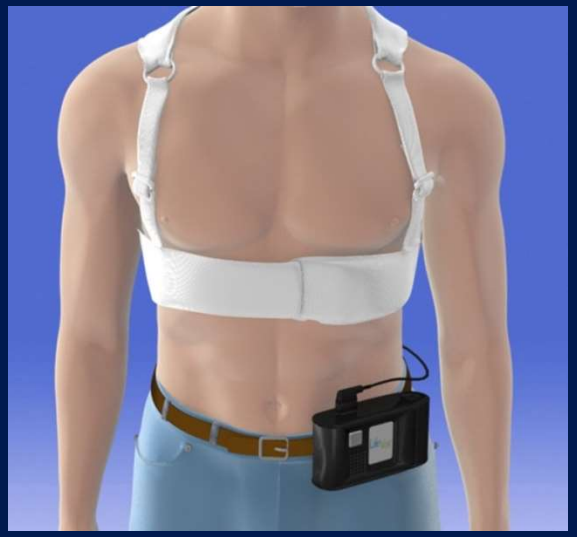
コントローラ
- 二相性150J
- 心電図、着用時間等を記録

使用目的、効能又は効果

承認書より

本品は、心室頻拍又は心室細動による心臓突然死のリスクが高いが植込み型除細動器(ICD)の適応の可否が未確定の患者、又はICDの適応だが患者の状態等により直ちにはICDが植え込めない患者を対象として、除細動治療を目的に使用する。

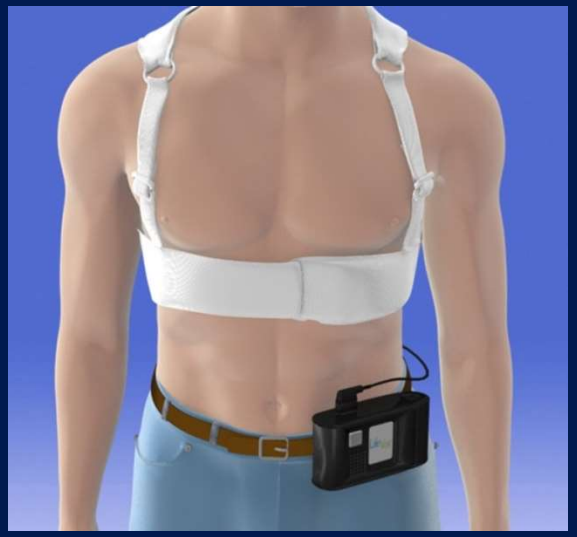
ICDの適応の可否が確定するまでの期間、
又はICDの植込みを行うまでの期間使用する。



使用目的、効能又は効果
承認書より

本品は、心室頻拍又は心室細動による心臓突然死のリスクが高いが植込み型除細動器(ICD)の適応の可否が未確定の患者、又はICDの適応だが患者の状態等により直ちにはICDが植え込めない患者を対象として、除細動治療を目的に使用する。

ICDの適応の可否が確定するまでの期間、
又はICDの植込みを行うまでの期間使用する。



総括

・我が国の一次予防に関する心臓突然死に対するリスク層別化は改善の余地がある。

・リスク層別化に対して非侵襲的な心電図デバイスが近年発展しつつある。

・心臓突然死予防のためのICDも、WICD S-ICDなど侵襲度が低いデバイスが登場している。

ご静聴有り難うございました。