陳旧性心筋梗塞における致死性不整脈の発生予知に関する心室再分極過程不均一性評価法による検討

仁禮 隆*¹ 笠貫 宏*²

陳旧性心筋梗塞における体表面 QRST 等積分値図, recovery time dispersion (RTd) および QT dispersion (QTd) の致死的不整脈発生予知に関する有用性について検討した。陳旧性前壁心筋梗塞 166 例に対して体表面 87 単極誘導心電図および標準 12 誘導心電図同時記録を行った。QRST 等積分値図作成, 87 誘導 RTd および標準 12 誘導 QTd 計測を行い, 心拍数補正した (RTcd, QTcd)。追跡調査を 72 カ月行い Kaplan-Meier 法にて検討した。72 カ月後の持続性心室頻拍または突然死からの累積回避率は, QRST 等積分値図; 単一双極子性 98.9 %, 多双極子性 78.8 % ($p < 0.001$), RTcd; 180ms 未満 96.4 %, 180ms 以上 54.7 % ($p < 0.001$), QTcd; 80ms 未満 92.9 %, 80ms 以上 86.1 % (n.s.) であった。診断精度は, QRST 等積分値図; 感度 92.9 %, 特異度 65.1 %, RTcd; 感度 71.4 %, 特異度 89.5 %, QTcd; 感度 50.0 %, 特異度 68.4 % であった。以上より, 陳旧性前壁心筋梗塞における致死的不整脈発生予知に関して QRST 等積分値図および RTcd が有用であることが示唆された。(心電図, 2003; 23: 313 ~ 322)

Keywords

- 体表面電位図
- dispersion
- 心室頻拍
- 突然死
- 心筋梗塞

*1 都立荏原病院循環器科

(〒145-0065 東京都大田区東雪谷 4-5-10)

*2 東京女子医科大学附属日本心臓血圧研究所循環器内科

I. はじめに

近年, 持続性心室頻拍および心室細動などの致死的心室性不整脈に対する塩酸アミオダロンおよび植込み型除細動器による治療が確立し, 生命予後を改善させることが可能となった。このような状況において致死的不整脈のハイリスク患者をいかに漏れることなく見出すかが, 今日の心電学的検査法の大きな課題となっている。

心筋梗塞後における致死的不整脈発生予知に関する

Efficacy of assessing methods for the disparity of the ventricular repolarization in patients with old myocardial infarction

Takashi Nirei, Hiroshi Kasanuki

2002年9月9日 原稿受領 / 2003年4月22日 掲載承認

図1 Recovery time と activation-recovery interval
 dv/dt : 単極誘導心電図一次微分値, AT : activation time,
 RT : recovery time, ARI : activation-recovery interval

る非観血的評価法としては、心室頻拍の基質の存在を診断する心室遅延電位¹⁾、再分極過程の不均一性増大を評価するQT dispersion^{2), 3)}、recovery time dispersion⁴⁾、QRST等積分値図⁵⁾およびT-wave alternans^{6), 7)}、さらにはホルター心電図^{8), 9)}、左室駆出率(LVEF)⁹⁾などが知られている。

QT dispersionは、再分極過程の終了時間のばらつきをすべての誘導におけるT波終末の最長点と最短点の差として評価、検討する検査法である。標準12誘導心電図を利用できることおよび計測が簡便であることなどの理由で広く普及しているが、方法論的に限界があることが知られている¹⁰⁾。

Recovery time(RT)は単極誘導心電図上、T波一次微分値が最大となる時点のことであり、活動電位第3相の最小dv/dt点とよく相関し局所の心外膜面心筋再分極過程終了時点に対応するとされている¹¹⁾(図1)。QRS波一次微分値が最小となる時点(activation time)からRTまでの時間をactivation-recovery interval (ARI)といい、局所の心外膜面心筋の不応期および

活動電位持続時間とよく相関する^{12), 13)}。シミュレーションおよび手術例の検討より、心表面のARI分布を体表面心電図から推定可能であることが報告されている^{14), 15)}。体表面心電図においてdispersionの概念を用いて再分極過程不均一性を検討する場合には、終了時点のばらつきを検討する目的でARIよりもRTが用いられることが多い。この理由として、心電図上QS波を有する心筋梗塞および拡張型心筋症などの疾患においてはactivation timeの計測が困難なことがあげられる。また、RT dispersionの算出の際に全誘導における最早期QRS波開始点を基準としてRTを計測することは、QT dispersionの算出において全誘導における最早期QRS波開始点から個々の誘導のT波終末までの時間の最大値と最小値との差より求めることと合致する^{16), 17)}。RTの計測はコンピュータを使用し、計測方法も確立しておりRT dispersionの再現性は高い。

QRST等積分値図は、多誘導点におけるventricular gradientを2次的に表示したものである。局所の再分極異常について検討可能であり、再分極過程評価法として臨床的有用性が認められている^{18)~21)}。再分極過程不均一性に関しては通常は単一・双極子性分布であるが、不均一性が増大している場合には多双極子性分布として表現される。

心筋梗塞後における追跡調査による再分極過程不均一性評価法の有用性に関する報告は少なく、RT dispersionおよびQRST等積分値図に関しては皆無である^{7), 22), 23)}。本研究の目的は、陳旧性心筋梗塞患者において長期追跡調査を行いQT dispersion、RT dispersionおよびQRST等積分値図の3法の有用性について検討することである。

II. 対 象

対象は、東京女子医科大学附属日本心臓血管研究所循環器内科に1989年6月から1999年10月までの間に入院し体表面電位図記録を施行した陳旧性前壁心筋梗塞166例、男148例、女18例、年齢32~83歳、平均 60.7 ± 9.5 歳である。心筋梗塞発症後1ヵ月以上

表1 患者背景

	持続性心室頻拍合併 (sVT群)	非合併 (非sVT群)	
n	30	136	
年齢(歳)	58.7 ± 9.9	61.2 ± 9.4	ns
男:女	28:2	120:16	ns
LVEF(%)	31.2 ± 14.1	47.6 ± 12.5	p<0.01
記録までの期間(月)	51.7 ± 60.8	46.6 ± 64.4	ns

経た時期に持続性心室頻拍(sVT)が出現したものは30例(sVT群), 出現しなかったものは136例(非sVT群)であった。sVT群と非sVT群との間で年齢および男女比に有意差は認められなかった(表1)。LVEFは, sVT群(31.2 ± 14.1%)では非sVT群(47.6 ± 12.5%)よりも低下していた(p<0.01)。心筋梗塞発症から体表面電位図記録までの期間については両群間で有意な差は認められなかった。sVT群において心筋梗塞発症からsVT出現までの期間は, 1~260ヵ月, 平均50.9 ± 60.4ヵ月であり, 発症後5年以上のものが10例認められた。

追跡調査期間中の心室性不整脈に対する治療として, 塩酸アミオダロン投与16例, 塩酸アミオダロン以外の抗不整脈薬35例, 植込み型除細動器6例, 電気的焼灼術6例, 心室瘤切除術6例が行われた。

Ⅲ. 方 法

フクダ電子社製体表面電位図記録装置VCM-3000を用いて抗不整脈薬非投与時に洞調律における体表面87単極誘導心電図および標準12誘導心電図の同時記録を行った。得られた記録よりQRST等積分値図作成, RT等時線図作成, 87誘導におけるRT dispersion計測および標準12誘導におけるQT dispersion計測を行った。

QRST等積分値図上, 正または負の最大積分値を有する誘導点で正のものを極大, 負のものを極小とした。さらにこれらの誘導点と電極間隔が2個以上離れて存在し, かつ周囲より1μVsec以上積分値の絶対値が大きい誘導点も極大, 極小とした。極大, 極小が一对の場合を単一双極子性分布, 極大と極小が合わせて3点以上存在する場合を多双極子性分布

とした^{5), 24)}。

VCM-3000を用いて各誘導のT波の一次微分値を1ms間隔で計測し, 最大値となる時点をRTとした。一次微分値の最大点の決定が困難な場合にはHawesらの方法に従った¹³⁾。RTの値はすべての誘導におけるQRS波の最早期開始点を0msとして表示した。RT dispersionおよびQT dispersionについては, さらにBazett式による心拍数補正を行いRTc dispersionおよびQTc dispersionを算出した。

各評価法における再分極過程不均一性増大の陽性基準をQRST等積分値図での多双極子性分布, RTc dispersionが180ms以上, およびQTc dispersionが80ms以上とした。

追跡調査を最大72ヵ月, 平均47 ± 28ヵ月行った。植込み型除細動器移植術施行例において, VTに対する作動が確認された場合にはsVT出現とした。sVTおよび突然死の発生予知についてKaplan-Meier法, Wilcoxon検定を用いてp<0.05の場合を有意差ありとして検討した。計測値は平均 ± 標準偏差で表示し, 2群間の比較には対応のないt検定を用いてp<0.05の場合を有意差ありとした。治療法の比較にはFisherの直接確率計算法を用いてp<0.05の場合を有意差ありとした。

Ⅳ. 結 果

1. sVT群と非sVT群との比較(図2)

QRST等積分値図における多双極子性分布の頻度はsVT群93%, 非sVT群28%であり, sVT群は非sVT群に比べて高率であった(p<0.001)。RT dispersionにおいてはsVT群172 ± 44ms, 非sVT群146 ± 20msであり, sVT群では非sVT群よりも延長していた(p<0.001)。RTc dispersionにおいても同様にsVT群183 ± 40ms, 非sVT群153 ± 18msとsVT群では非sVT群よりも延長していた(p<0.001)。QT dispersionではsVT群71 ± 24ms, 非sVT群64 ± 25msと両群間に有意差は認められなかった。QTc dispersionにおいても同様にsVT群76 ± 26ms, 非sVT群67 ± 26msと両群間に有意差は認められな

図2 sVT群と非sVT群の比較

multipolar QRST I-map：多双極子性QRST等積分値図，sVT+：sVT群，sVT-：非sVT群

図3 追跡調査結果

sVT+：sVT群，sVT-：非sVT群，multipolar：多双極子性分布，RTcd：RTc dispersion，QTcd：QTc dispersion

かった。

2. 追跡調査期間の経過

追跡調査期間中の心事故としてsVT出現は11例、突然死は6例であり、突然死のうち3例はsVT出現後に不整脈治療を行っていたにもかかわらず突然死をきたした症例であった(図3)。

sVT群では追跡調査中10例にsVTが再発し、うち3例ではその後に突然死をきたした。突然死をきたさなかった7例中3例では難治性心室頻拍が頻発し、心源性ショックにより死亡した。追跡調査中sVTが確認されなかった20例のうち2例では突然死をきたした。

非sVT群では経過中新たにsVTが出現したものが1例、突然死をきたしたものが1例認められた。両者ともQRST等積分値図は多双極子性分布を示し、RTcd dispersionは180ms未満であり、かつQTcd dispersionは80ms未満であった。

3. 心事故発生予知

QRST等積分値図の分布が単一双極子性であったものは100例、多双極子性であったものは66例であった。72ヵ月後のsVTまたは突然死からの累積回避率は

は単一双極子性分布で98.9%、多双極子性分布で78.8%であり、多双極子性分布では単一双極子性分布よりも高頻度にsVTまたは突然死をきたしていた($p < 0.001$)(図4)。

RTcd dispersionが180ms未満のものは140例、180ms以上のものは26例であった。72ヵ月後のsVTまたは突然死からの累積回避率はRTcd dispersion 180ms未満では96.4%、180ms以上では54.7%であり、180ms以上のものは180ms未満よりも高頻度にsVTまたは突然死をきたしていた($p < 0.001$)。

QTcd dispersionが80ms未満のものは111例、80ms以上のものは55例であった。72ヵ月後のsVTまたは突然死からの累積回避率は、QTcd dispersion 80ms未満では92.9%、80ms以上では86.1%であり、両者の間に有意差は認められなかった。100ms以上の延長例には経過中にsVTまたは突然死は出現しなかった。

4. 診断精度

それぞれの評価法におけるsVTまたは突然死についての診断精度は、QRST等積分値図では感度92.9%(13/14)、特異度65.1%、正確度67.5%であり、

図4 持続性心室頻拍または突然死に関するKaplan-Meier法による検討

cumulative event-free ratio: 累積回避率, bipolar: 単一双極子性分布, multipolar: 多双極子性分布,
RTcd: RTc dispersion, QTcd: QTc dispersion

図5 持続性心室頻拍または突然死に関する診断精度

QRST I-map : QRST等積分値図, multipolar : 多双極子性分布, RTcd : RTc dispersion, QTcd : QTc dispersion, sensitivity : 感度, specificity : 特異度, accuracy : 正確度

とくに感度が良好であった(図5)。RTc dispersionでは感度71.4%, 特異度89.5%, 正確度88.0%であり, 特異度および正確度が良好であった。QTc dispersionでは感度50.0%, 特異度68.4%, 正確度66.9%であった。

5. 再分極過程評価法の組み合わせ

QRST等積分値図とRTc dispersionとを組み合わせたKaplan-Meier法によるsVTまたは突然死からの累積回避率の検討を図6に示す。QRST等積分値図が多双極子性分布を示しかつRTc dispersionが180ms以上に延長している場合は, 72ヵ月後の累積回避率が44.7%であり, それ以外の場合(93.3%, 98.9%, 100%)に比べて予後が悪かった($p < 0.0001$)。ハイリスク群の陽性基準を多双極子性分布かつRTc

dispersion 180ms以上とすると感度71.4%, 特異度94.1%, 正確度92.3%であり, 特異度および正確度はすべての単独の評価法よりも良好であった。

6. 治療法の比較(表2)

QRST等積分値図の分布が多双極子性を示した群と単一双極子性を示した群との間の心室性不整脈に対する治療法を比較すると, 塩酸アミオダロン, 塩酸アミオダロン以外の抗不整脈薬, 植込み型除細動器, 電気的焼灼術および心室瘤切除術のすべての治療法において多双極子性を示した群のほうが高率であった。RTc dispersionについても180ms以上の群は180ms未満の群よりすべての治療法がより高率に行われていた。

図6 QRST等積分値図とRTcd dispersionの組み合わせによる検討
cumulative event-free ratio：累積回避率，bipolar：単一双極子性分布，multipolar：多双極子性分布，RTcd：RTcd dispersion

V. 考 案

心室再分極過程における不均一性増大は，リエントリーの成立を容易にして心室頻拍および心室細動の発生，維持に関与することが知られている．体表面QRST等積分値図は再分極についての視覚的な評価法として確立された検査法である．心筋梗塞，QT延長症候群および肥大型心筋症などにおいては

多双極子性分布と心室頻脈性不整脈との間の関連性が報告されている^{5), 24)~28)}．とくに陳旧性心筋梗塞においては，多双極子性分布は持続性心室頻拍とは関連があるが非持続性心室頻拍とは関連がないこと，および多双極子性分布を示す症例では心室ペーシングにより高率に持続性単形性心室頻拍が誘発されることより，多双極子性分布を示す場合は致死性不整脈を合併する危険性が高いことが知られている^{5), 24)}．

表2 治療法

	多双極子性 (%)	単一双極子性 (%)	p	RTcd $\geq$ 180ms (%)	RTcd<180ms (%)	p
n	66	100		26	140	
AMD (n=16)	14 (21.2)	2 (2.0)	<0.001	12 (46.2)	4 (2.9)	<0.001
抗不整脈薬 (AMD以外) (n=35)	23 (34.8)	12 (12.0)	<0.001	12 (46.2)	23 (16.4)	<0.01
ICD (n=6)	6 (9.1)	0	<0.01	5 (19.2)	1 (0.7)	<0.01
電氣的焼灼術 (n=6)	6 (9.1)	0	<0.01	4 (15.4)	2 (1.4)	<0.01
心室瘤切除術 (n=6)	6 (9.1)	0	<0.01	3 (11.5)	3 (2.1)	<0.05

RTcd: RTc dispersion、AMD:アミオダロン、ICD: 植込型除細動器

ただし、これらの検討はすべて後ろ向き検討である。本研究では陳旧性心筋梗塞において初めて前向き検討を行い、QRST等積分値図が多双極子性分布を示す場合は単一双極子性分布を示す場合に比べて持続性心室頻拍および突然死をきたす危険性が高いことを明らかにし、後ろ向き検討の結果を裏付けることができた。感度が92.9%と良好なことおよび非sVT群において多双極子性分布を示した症例に特異的に新たなsVT出現および突然死が認められたことから、陳旧性心筋梗塞において多双極子性分布を示す場合には心室頻拍および心室細動の既往がない場合でもハイリスク群として扱うべきと考えられた。

RTc dispersionは再分極過程終了時点のばらつきから再分極過程不均一性を評価する方法であり、臨床的有用性が報告されている^{4), 29), 30)}。本研究では以前、我々が報告した前壁梗塞における持続性心室頻拍非合併例の平均値+標準偏差の値をもとにcut off値を180msとして検討した⁴⁾。この結果、RTc dispersion延長例は非延長例と比較して持続性心室頻拍および突然死の危険性が高いことが示唆された。とくに特異度が89.5%と高く、QRST等積分値図で感度が高いことと対照的であった。さらにQRST等積分値図とRTc dispersionを組み合わせる

ことにより、QRST等積分値図が多双極子性分布を示し、かつRTc dispersionが180ms以上に延長している場合には極めて予後が悪いことが示唆された。以上、陳旧性心筋梗塞における致死性不整脈の発生予知に体表面電位図による2種類の検査法の組み合わせが有用であった。

QTc dispersionは健常者では30~60msといわれており、陳旧性心筋梗塞では健常者より延長していることが知られている^{3), 23), 31)}。陳旧性心筋梗塞におけるQTc dispersionのcut off値については研究者により異なる。QTc dispersionの場合、一定の値まではcut off値の増加とともに感度は低下し特異度は上昇すると考えられる。本研究では100ms以上の高値を示す症例に心事故が認められなかったことおよびPerkiomakiらの報告を参考にして、cut off値を80msとして検討した³⁾。

QTc dispersionでは致死性不整脈発生予知に関する有用性を示唆する所見は認められなかった。QTc dispersionには方法論的にT波終末決定の再現性、測定者間の誤差、限られた誘導数および誘導部位による情報量の限界、肢誘導の取扱い、全誘導同時記録の困難性、体表面から得られる心表面情報の限界、およびT波が対側心内膜面の電位も反映しているこ

となどの問題が指摘されている^{10), 31)~33)}。近年QTc dispersionの臨床的有用性に対して否定的な報告がみられるようになり、本研究においてもこれを支持する結果が得られた^{7), 23)}。

調査期間中のsVTの治療法には変遷があり、初期には電気生理学的薬効評価法による塩酸アミオダロンを含む種々の抗不整脈薬、電気的焼灼術、心室瘤切除術および植込み型除細動器などが単独で、または無効の場合他の治療法が追加して行われた。その後塩酸アミオダロン投与および植込み型除細動器がもっぱら施行されるようになった。治療法が統一されていないことは本研究の限界と考えられた。

sVTに対する治療はQRST等積分値図の分布が単一双極子性よりも多双極子性の場合、およびRTc dispersionが180ms未満よりも180ms以上の場合にそれぞれ高率に行われていた。このことはsVT群は非sVT群に比べて多双極子性分布の頻度が高く、かつRTc dispersionが延長していることから当然のことと考えられた。重要なことは、非sVT群のうちsVTまたは突然死をきたした2例ともに多双極子性分布を示していたことである。非sVT群の症例においてもQRST等積分値図が多双極子性分布を示した場合には、ホルター心電図、LP、電気生理学的検査などの検査を行い塩酸アミオダロンおよび植込み型除細動器の適応について検討すべきと考えられた。

体表面電位図では解剖学的に心室下壁を直接反映する誘導を得ることが困難である。このため前壁梗塞における心電情報と比べて下壁梗塞における心電情報は限られており、sVTに対する診断精度が劣ることが知られている⁵⁾。本研究では梗塞部位の混在を避け、前壁梗塞に限定して検討を行った。本研究にて前壁梗塞におけるQRST等積分値図およびRTc dispersionの臨床的有用性が確認されたことから、今後は拡張型心筋症など他疾患についても前向き調査によるQRST等積分値図およびRTc dispersionの有用性を検討すべきと考えられた。

〔文 献〕

- 1) Kuchar DL, Thorburn CW, Sammel NL : Late potentials detected after myocardial infarction. natural history and prognostic significance. *Circulation*, 1986 ; 74 : 1280 ~ 1289
- 2) Pye M, Quinn AC, Cobbe SM : QT interval dispersion. a non-invasive marker of susceptibility to arrhythmia in patients with sustained ventricular arrhythmias? *Br Heart J*, 1994 ; 71 : 511 ~ 514
- 3) Perkiomaki JS, Koistinen MJ, Yli-Mayry S, Huikuri HV : Dispersion of QT interval in patients with and without susceptibility to ventricular tachyarrhythmias after previous myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 1995 ; 26 : 174 ~ 179
- 4) Nirei T, Kasanuki H : Recovery time dispersion measured by body surface mapping. noninvasive method of assessing vulnerability to ventricular tachyarrhythmias. *J Electrocardiol*, 2001 ; 34 : 127 ~ 133
- 5) Nirei T, Kasanuki H, Toyoshima Y, Hosoda S : Clinical significance of body surface QRST isointegral map concerning sustained ventricular tachycardia in patients with old myocardial infarction. *Advanced in body surface mapping and high resolution ECG* : Yasui S, Abildskov JA, Yamada K, Harumi K ed, Life Medicom, Nagoya, 1995 ; 127 ~ 136
- 6) Rosenbaum DS, Jackson LE, Smith JM, Garan H, Ruskin JN, Cohen RJ : Electrical alternans and vulnerability to ventricular arrhythmias. *N Engl J Med*, 1994 ; 330 : 235 ~ 241
- 7) Hohnloser SH, Klingenhoben T, Li Y, Zabel M, Peetermans J, Cohen RJ : T wave alternans as a predictor of recurrent ventricular tachyarrhythmias in ICD recipients. prospective comparison with conventional risk markers. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 1998 ; 9 : 1258 ~ 1268
- 8) Bigger JT, Weld FM, Rolnitzky LM : Prevalence, characteristics and significance of ventricular tachycardia (three or more complexes) detected with ambulatory electrocardiographic recording in the late hospital phase of myocardial infarction. *Am J Cardiol*, 1981 ; 48 : 815 ~ 823
- 9) Bigger JT, Fleiss JL, Kleiger R, Miller JP, Rolnitzky LM : The relationship among ventricular arrhythmias, left ventricular dysfunction, and mortality in the 2 years after myocardial infarction. *Circulation*, 1984 ; 69 : 250 ~ 258
- 10) Statters D, Malik M, Ward DE, Camm AJ : QT dispersion. problems of methodology and clinical significance. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 1994 ; 5 : 672 ~ 685

- 11) Wyatt RF, Burgess MJ, Evans AK, Lux RL, Abildskov JA, Tsutsumi T : Estimation of ventricular transmembrane action potential durations and repolarization times from unipolar electrograms. *Am J Cardiol*, 1981 ; 47 : 488
- 12) Millar CK, Kralios FA, Lux RL : Correlation between refractory periods and activation-recovery intervals from electrograms. effects of rate and adrenergic interventions. *Circulation*, 1985 ; 72 : 1372~1379
- 13) Haws AW, Lux RL : Correlation in vivo transmembrane action potential durations and activation-recovery intervals from electrograms. effects of interventions that alter repolarization time. *Circulation*, 1990 ; 81 : 281~288
- 14) 八巻通安, 柴田健彦, 池野栄一郎, 近藤恒博, 久保田功, 友池仁暢 : 体表面 activation-recovery interval 計測による心筋局所活動電位持続時間 (APD) 推定の妥当性. *Jpn Circ J*, 1994 ; 58 (Suppl. I) : 449
- 15) Kamide S, Nagai N, Yamaguchi T, Mori S, Matsubara Y, Noba M, Ishikawa M, Abo Y, Nakano H, Chikamatsu H, Hishida H, Watanabe Y : Correlation between epicardial ARI and body surface ARI map in patients with ischemic heart disease. *Jpn Circ J*, 1996 ; 60 : 402~403
- 16) Lepeschkin E, Surawicz B : The measurement of the Q-T interval of the electrocardiogram. *Circulation*, 1952 ; 6 : 378~388
- 17) Higham PD, Campbell RWF : QT dispersion. *Br Heart J*, 1994 ; 71 : 508~510
- 18) Hirai M, Tsubo N, Hayashi H, Ito M, Inden Y, Hirayama H, Ito T, Yanagawa T, Sano H, Kondo T, Tomita Y, Todoroki H, Tsuda M, Saito H : Body surface distribution of abnormal low QRST areas in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome. evidence for continuation of repolarization abnormalities before and after catheter ablation. *Circulation*, 1993 ; 88 : 2674~2684
- 19) Dambrink JH, SippensGroenewegen A, van Gilst W, Peels KH, Grimbergen CA, Kingma JH : Association of left ventricular remodeling and nonuniform electrical recovery expressed by nondipolar QRST integral map patterns in survivors of a first anterior myocardial infarction. *Circulation*, 1995 ; 92 : 300~310
- 20) De Ambroggi L, Aime E, Ceriotti C, Rovida M, Negroni S : Mapping of ventricular repolarization potentials in patients with arrhythmogenic right ventricular dysplasia. principal component analysis of ST-T waves. *Circulation*, 1997 ; 96 : 4314~4318
- 21) Nirei T, Kasanuki H, Ohnishi S, Tamaki A, Toyoshima Y, Hosoda S : Cardiac memory in patients with intermittent Wolff-Parkinson-White syndrome. *J Electrocardiol*, 1997 ; 30 : 323~329
- 22) Glancy JM, Garratt CJ, Woods KL, de Bono DP : QT dispersion and mortality after myocardial infarction. *Lancet*, 1995 ; 345 : 945~948
- 23) Zabel M, Klingenhoben T, Franz MR, Hohnloser SH : Assessment of QT dispersion for prediction of mortality or arrhythmic events after myocardial infarction. results of a prospective, long-term follow-up study. *Circulation*, 1998 ; 97 : 2543~2550
- 24) 仁禮 隆, 笠貫 宏, 大西 哲, 豊島ゆかり, 細田瑛一 : 心室頻拍易誘発性に関する QRST isointegral map の意義. *心電図*, 1994 ; 14 : 152~159
- 25) Gardner MJ, Montague TJ, Armstrong CS, Horacek BM, Smith ER : Vulnerability to ventricular arrhythmia. assessment by mapping of body surface potential. *Circulation*, 1986 ; 73 : 684~692
- 26) 仁禮 隆, 笠貫 宏, 細田瑛一 : 急性心筋梗塞における QRST isointegral map の検討—重症心室性不整脈との関連について—. *心電図*, 1992 ; 12 : 80~87
- 27) 仁禮 隆 : 先天性 QT 延長症候群. 体表面心臓電位図・体表面心臓微小電位の臨床 : 安井昭二編, ライフメディコム出版部, 名古屋, 1994 ; 211~215
- 28) 篠田尚克, 仁禮 隆, 大西 哲, 笠貫 宏 : 肥大型心筋症における再分極異常と持続性心室頻拍との関連についての検討. 体表面 QRST 等積分値図を用いて. 不整脈, 1998 ; 14 : 175
- 29) Shimizu W, Kamakura S, Ohe T, Kurita T, Takai H, Aihara N, Shimomura K : Diagnostic value of recovery time measured by body surface mapping in patients with congenital long QT syndrome. *Am J Cardiol*, 1994 ; 74 : 780~785
- 30) Aiba T, Inagaki M, Shimizu W, Matsuo K, Taguchi A, Suyama K, Kurita T, Aihara N, Sunagawa K, Kamakura S : Recovery time dispersion from 87-lead body surface potential mapping as a predictor of sustained ventricular tachycardia in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2000 ; 11 : 968~974
- 31) Malik M, Batchvarov VN : Measurement, interpretation and clinical potential of QT dispersion. *J Am Coll Cardiol*, 2000 ; 36 : 1749~1766
- 32) Ikeno E, Kubota I, Kondo T, Shibata T, Yamaki M, Tomoike H : Diagnostic usefulness of activation-recovery interval for reciprocal ECG changes. *J Electrocardiol*, 1995 ; 28 : 237~243
- 33) Wang L : QT dispersion from body surface ECG does not reflect the spatial dispersion of ventricular repolarization in sheep. *PACE*, 2000 ; 23 : 359~364