

成人における J波の頻度とその特徴： 外来症例における検討

佐藤光希¹ 池主雅臣² 八木原伸江¹ 飯嶋賢一¹
和泉大輔¹ 渡部 裕¹ 古嶋博司¹ 岡田正彦³
相澤義房¹

【背景】標準 12 誘導心電図の J波や ST 上昇は早期再分極所見として知られ、健常者にも認められるが、その頻度や特徴は十分に検討されていない。【目的】本研究は、J波の頻度と分布様式を明らかにすることを目的とした。【対象と方法】対象は当院外来で心電図検査を受けた 20～59 歳の症例である。ただし、明らかな心疾患患者を除外するため、心電図自動診断により異常心電図所見を指摘された症例を除く 1,936 人(男性 977 人、女性 959 人)とした。J 点が基線から 0.1 mV 以上上昇しているものを J波とした。下壁誘導(Ⅱ, Ⅲ, aV_F)および左前胸部誘導(V₃, V₄, V₅, V₆)のうち各々 2 誘導以上、高位側壁誘導(I, aV_L)のうち 1 誘導以上で J波を認めた場合、その領域に J波が存在するとした。【結果】J波の頻度は 222/1,936 人(11.5%)で、男性は女性に比べて検出率が高かった(14.7 vs. 8.1%, $p < 0.001$)。20～39 歳と 40～59 歳に分類した場合、男性では若年層に J波が多く(19.7 vs. 12.1%, $p < 0.001$)検出され、女性では年齢による差がなかった。J波は下壁誘導のみに存在する症例が 75.7%と最も多く、次いで下壁誘導と左前胸部誘導で確認できた例が 15.0%を占めた。J波に ST 上昇を伴った例は 12/1,936 人(0.6%)で、ST 上昇を伴わなかった例に比べて左前胸壁誘導および高位側壁誘導に至る広い誘導で確認できた。【結語】今回の検討で、早期再分極として知られる J波の出現はまれではなく、特に若年男性および下壁誘導において高頻度に認められた。

Keywords

- J波
- 早期再分極
- ST 上昇
- 外来症例

1 新潟大学大学院医歯学総合研究科循環器分野
(〒 957-8588 新潟県新潟市中央区旭町通 1 番町 754 番地)
2 新潟大学医学部保健学科
3 新潟大学大学院医歯学総合研究科予防医学分野

I. はじめに

J波は心電図において QRS 波形に続くノッチ型またはスラー型の極波で、低体温、高カルシウム血症、中枢神経疾患、Brugada 症候群、特発性心室細動などの患者に多くみられると報告されている^{1)~3)}。

Characteristics and Prevalence of J Wave in Our Outpatient Clinic

Akinori Sato, Masaomi Chinushi, Nobue Yagihara, Kenichi Iijima, Daisuke Izumi, Hiroshi Watanabe, Hiroshi Furushima, Masahiko Okada, Yoshifusa Aizawa

近年、J波の成因やJ波と突然死との関連が注目されているが^{4)~6)}、J波は健常例においてもしばしば認められ、このような場合は正常亜型として区別されている⁷⁾。しかしながら、こうした健常例に認められるJ波の頻度や特徴についてはいまだ十分に検討されていない。そこで当院の外来受診症例におけるJ波の頻度を調べ、その特徴について解析した。

II. 対象と方法

明らかな心疾患を除外するために、対象は2008年2~7月までに当院の循環器内科を除く他科外来を受診し、12誘導心電図検査を受けた20~59歳の症例とした。そのうち、心電図自動診断により心房細動などの上室不整脈、異常Q波、脚ブロック、ストレインパターン、Brugada型心電図を含む心電図異常を指摘された症例を除外し、残り1,936人(男性977人、女性959人)について検討した。J波の陽性基準は、連続する2誘導以上においてJ点が基線より0.1 mV以上上昇しているものとし、スラー型とノッチ型の両方を含めた(図1)⁵⁾。下壁誘導(II, III, aV_F)のうち2誘導以上、左前胸部誘導(V₃, V₄, V₅, V₆)のうち2誘導以上、高位側壁誘導(I, aV_L)のうち1誘導以上でJ波を認めた場合、その領域にJ波が局在しているとした。J波陽性症例において、12誘導中で最も高いJ波を示す誘導のJ点を最大J波高とし、さらに、その誘導における心電図の各測定値を記録した。また、ST上昇の陽性基準は、連続する2誘導以上でSTが基線より0.1 mV以上上昇しているものとした。対象症例を、J波陽性にST上昇を伴っている症例群[J+STe (+)群]と伴わない症例群[J+STe (-)群]に分けて、その特徴を比較検討した(図2)。本研究のプロトコールは新潟大学医歯学総合病院医学部倫理委員会にて承認を得た。

統計学的検討において、測定値は平均±標準偏差で示し、2群間の比較は χ^2 検定およびt検定で行った。最大J波高に影響を与える因子を調べるため、重回帰分析(ステップワイズ法)を用いた。解析にはDr. SPSS software(SPSS Inc., Chicago, IL)を用い、

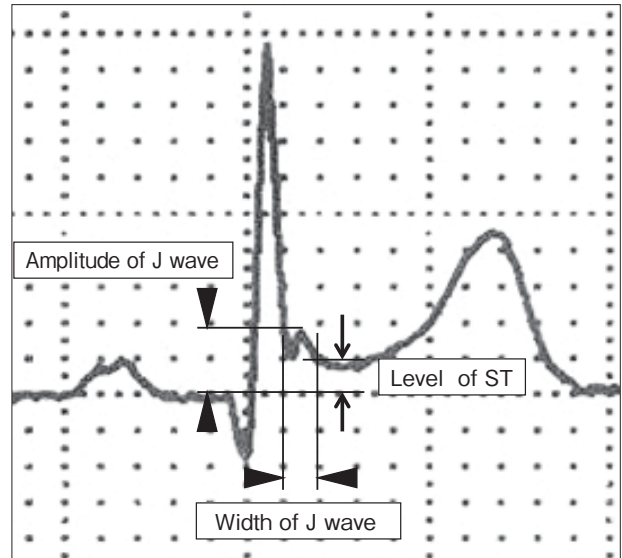


図1 J波高、J波幅およびSTレベルの測定方法

$p < 0.05$ を統計学的に有意とした。

III. 結 果

1. J波の頻度と局在

全対象におけるJ波の検出頻度は222/1,936人(11.5%)であった。J波の頻度は男性で144/977人(14.7%)、女性で78/959例(8.1%)と男性で有意に高かった($p < 0.001$)(図3A)。とりわけ、男性の20~39歳の症例では67/340例(19.7%)と高率にJ波がみられ、40~59歳の検出頻度77/637例(12.1%)に比べて有意に高かった($p < 0.001$)。一方、女性では年齢におけるJ波の頻度に有意差を認めなかった〔20~39歳:28/399例(7.0%) vs. 40~59歳:50/560例(8.9%)〕(図3B)。

J波が陽性であった222例のうち、下壁誘導のみに局限していた症例は168例(75.7%)、左前胸部誘導のみに局限していた症例は1例(0.5%)であったが、高位側壁誘導のみに局限していた症例はなかった。複数領域の組み合わせでは、下壁誘導と左前胸部誘導の組み合わせが34例(15.3%)で最も多く、下壁誘導と高位側壁誘導の組み合わせが7例(3.2%)、左前胸部誘導と高位側壁誘導の組み合わせが5例(2.3%)であった。なお、すべての誘導領域にJ波が

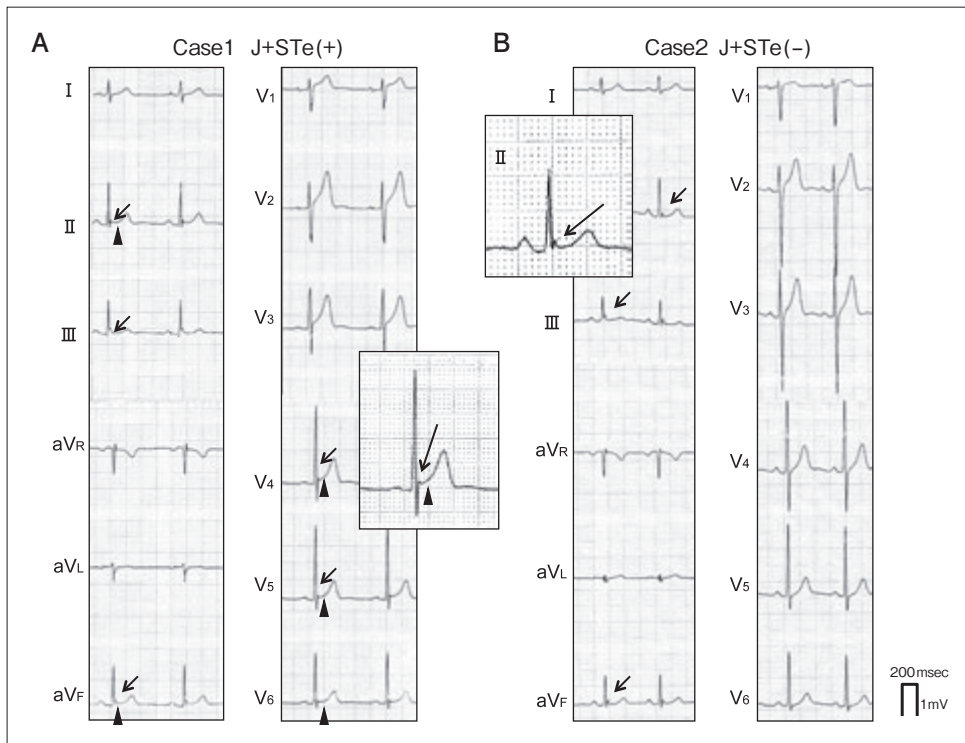


図 2
J波に ST 上昇を伴う例(A)と
伴わない例(B)の 12 誘導心
電図

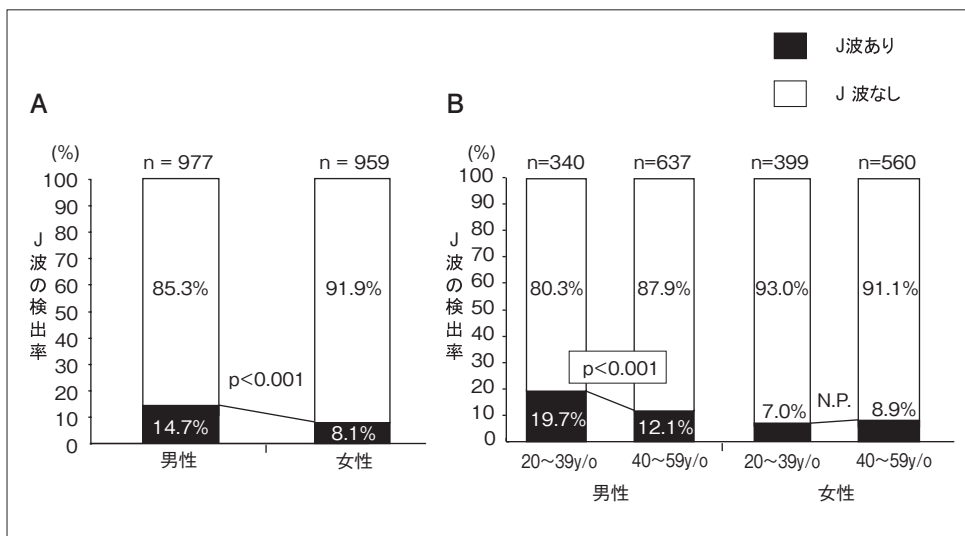


図 3
J波の検出頻度の比較
A : 男女間の頻度の比較.
B : 年齢別に分類したときの頻
度の比較.

存在した症例は 7 例 (3.2%) であった (図 4A)。

2. 最大 J 波高とその関連因子

J 波が陽性であった 222 例における最大 J 波高の平均は 0.21 ± 0.12 (0.10 ~ 0.69) mV で、Ⅲ誘導で認められることが最も多かった (47%)。さらに、重回帰分析 (ステップワイズ法) を用いて最大 J 波高の関

連因子を検討したところ、J 波幅、T 波高、R-R 間隔短縮および QRS 電気軸の右軸偏位が有意な因子として抽出された (表 1)。

3. ST 上昇

J 波に 0.1 mV 以上の ST 上昇を伴ったのは全体の 12/1,936 例 (0.6%) で、J 波陽性例のうち 12/222 例

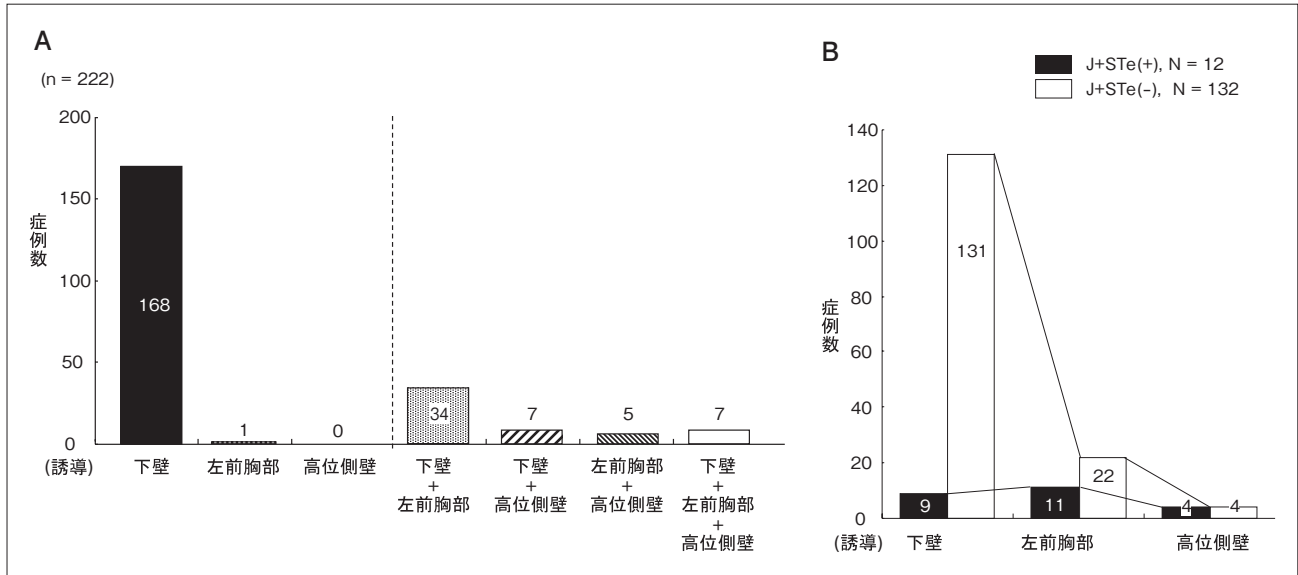


図4 J波が認められた誘導領域の比較

A: J波陽性全症例における比較, B: J波にST上昇を伴う群[J+STe(+)]と伴わない群[J+STe(-)]との比較.

表1 最大J波高の重回帰分析

Variables	mean	±	SD	β	t	p
Age (y/o)	42.6	±	12.3	-0.049	-0.080	N.S.
Male (%)	0.649	±	0.478	0.010	0.172	N.S.
J width (msec)	21.2	±	10.4	0.456	7.894	<0.001*
R amp. (mV)	0.968	±	0.616	0.045	0.679	N.S.
ST level (mV)	0.029	±	0.045	0.035	0.501	N.S.
T amp. (mV)	0.288	±	0.357	0.247	4.298	<0.001*
R-R (msec)	864.6	±	172.1	-0.190	-3.291	0.001*
P-R (msec)	150.1	±	21.9	0.030	0.522	N.S.
QRS (msec)	98.0	±	10.1	0.009	0.147	N.S.
QT (msec)	368.9	±	33.5	-0.105	-0.585	N.S.
QRS axis (°)	60.6	±	20.1	0.147	2.555	0.011*
SV1+RV5 (mV)	2.84	±	0.81	0.069	1.182	N.S.

N : 222, Maximum J amp : 0.21±0.12 (mV), Multiple coefficient of determination (R^2) : 0.28, β : standardized regression coefficient, * : selected independent for maximum J wave level ($p < 0.05$), $p > 0.10$ are presented at N.S.

(5.4%)すべてが男性であった。J波にST上昇を伴った男性12例[J+STe (+)群]と、伴わなかった男性132例[J+STe (-)群]の間においてJ波が確認できた誘導を比較した。J+STe (-)群で下壁誘導にJ波を認めたのは131例(99%)、左前胸部誘導は22例(17%)、高位側壁誘導は4例(3%)であり、下壁誘導に集中していた(複数の誘導に併存しており、症例数は重複している)。一方、J+STe (+)群では、

下壁誘導に9例(75%)、左前胸部に11例(92%)、高位側壁に4例(33%)で、左前胸部誘導に最も多く、かつ下壁誘導から高位側壁誘導まで分散していた。J+STe (+)群では、J波が単独の誘導領域に局限した症例は認められず、全例で複数の誘導領域に存在していた。J+STe (+)群とJ+STe (-)群ではJ波が確認できた誘導に差がみられた(図4B)。

さらに、この2群間において年齢と心電図所見を

表2 J波にST上昇を伴う群と伴わない群における年齢と心電図所見の比較

		J+STe(+), Male (N = 12)	J+STe(-), Male (N = 132)	p
Age	(y/o)	35.8 ± 12.5	42.4 ± 11.8	N.S.
Max. J amp.	(mV)	0.26 ± 0.09	0.21 ± 0.10	N.S.
J width	(msec)	14.3 ± 7.8	24.0 ± 10.4	0.002
R amp.	(mV)	2.14 ± 1.16	0.93 ± 0.53	0.004
ST level	(mV)	0.16 ± 0.051	0.02 ± 0.031	<0.001
T amp.	(mV)	1.04 ± 0.57	0.25 ± 0.23	0.001
R-R	(msec)	930.2 ± 314.2	876.2 ± 183.0	N.S.
P-R	(msec)	150.8 ± 22.1	154.2 ± 20.9	N.S.
QRS	(msec)	99.0 ± 9.3	101.7 ± 9.0	N.S.
QT	(msec)	389.8 ± 40.4	365.8 ± 35.8	0.03
QRS axis	(°)	58.7 ± 20.6	61.9 ± 18.8	N.S.
SV1+RV5	(mV)	3.33 ± 1.18	2.94 ± 0.75	N.S.

Date are presented as the mean ± SD, J+STe(+): The group of patients who have J wave with ST elevation, J+STe(-): The group of patients who have J wave without ST elevation.

比較した。平均年齢，最大J波高，R-R間隔，P-R間隔，QRS幅，QRS電気軸，SV1+RV5については，有意差はなかった。しかし，J+STe (+)群において，最大J波高を記録した誘導のJ波幅は有意に短く (14.3 ± 7.8 vs. 24.0 ± 10.4 msec, $p=0.002$)，QT時間は有意に長く (389.8 ± 40.4 vs. 365.8 ± 35.8 msec, $p=0.03$)，R波高とT波高は有意に高値であった (R波高: 2.14 ± 1.16 vs. 0.93 ± 0.53 mV, $p=0.004$ ，T波高: 1.04 ± 0.57 vs. 0.25 ± 0.23 mV, $p=0.001$) (表2)。

IV. 考 察

器質的心疾患を伴わない健常人にみられるJ波やそれに伴うST上昇は，“早期再分極”の正常亜型と考えられてきた⁸⁾。J波の成因については，イヌの動脈灌流心筋モデルを用いた実験により説明される^{4)・9)}。すなわち，一過性外向き電流(I_{to})は心外膜側心筋の活動電位第1相にノッチを形成し，心内膜側心筋との間に電位勾配を起こすことによりJ波が形成され，引き続き心外膜側心筋の活動電位第2相(プラトー相)の低下または消失をきたす。また，心内膜側との間に電位勾配をもたらす，ST上昇をきたす。プラトー相の抑制は内向きカルシウム電流(I_{Ca})の減少によっても誘導され，これらはBrugada症候群の心電図所見とも合致している。心外膜側活

動電位のプラトー相の抑制が軽度であると，心電図上のST上昇も軽度となり，早期再分極の心電図所見とされるJ波と軽度のST上昇を示すことになる^{4)・9)}。しかし，J波やST上昇がみられる誘導は，Brugada症候群とは異なっており^{3)~5)}，その機序と意義についてはいまだ十分には解明されていない。

1. J波の頻度と局在

心疾患以外の主疾患を有する当院外来症例で，心電図検査を受けた1,936例のうち，222例(11.5%)においてJ波が認められた。そのうちST上昇を伴う例は12例(5.4%)であった。ST上昇を伴わないJ波まで含めると，その頻度はまれではなかった。早期再分極の頻度は健常者で3~10%とされ，スラー型のJ波は23.6%に達すると報告される^{5)・7)}。また，有色人種で頻度が高いとされ，われわれが検討したJ波の頻度とほぼ合致する¹⁰⁾。

J波の検出頻度が女性に比べ男性で高かったことも過去の報告と一致した。これは男性では心外膜側で I_{to} の電流密度が高く，心外膜側活動電位のノッチ形成が女性より男性で顕著になるという事実と関係しているかもしれない^{11)・12)}。さらに，男性では若年者で有意にJ波の検出頻度が高かった。一般に若年男性では迷走神経緊張が亢進している。自律神経の影響を受ける I_{Ca} の減少と，徐脈による2次的

な I_{to} の増大が、Brugada 症候群と同様に J 波や ST 上昇を顕性化させると推測できる^{7),13)}。

J 波を認めた 222 例のうち、J 波が下壁誘導に局限する症例が 168 例、下壁誘導とほかの領域に併存する症例が 48 例であり、下壁誘導がほとんどを占めた(97%)。Kui らは、健常成人における J 波の頻度は 7.3% であり、63% が下壁誘導に、30% が左前胸部誘導に存在したと報告している¹⁰⁾。一方で、Rosso らは、健常成人例、若年運動家例および特発性心室細動例の集団において、J 波の頻度とその局在について報告している⁷⁾。前 2 群においては下壁誘導または左前胸部誘導に J 波を認める場合が全体の 90% 以上を占め、高位側壁誘導に存在する場合は少なく、本研究の結果に類似した。一方で、特発性心室細動症例では左前胸部誘導における J 波の頻度は低く、下壁誘導と高位側壁誘導の頻度が高いとしている(全体の 94%)。本研究では Brugada 型心電図を除外するために右前胸部誘導に存在する J 波は除いた。近年、下壁誘導と右前胸部誘導の両方に J 波や ST 上昇を認める非典型的な Brugada 症候群が報告された¹⁴⁾。本研究ではそれにあてはまる心電図を示した症例は認めなかったが、J 波や ST 上昇の機序と関係している可能性があり興味深い。

2. J 波高の関連因子

最大 J 波高の関連因子は J 波幅、T 波高、QRS 電気軸の右軸偏位、R-R 間隔の短縮であった。J 波は幅をもったスラー型またはノッチ型の波形であり、J 波高と J 波幅は相関すると考えられる。また、J 波には ST 上昇のみならず高い T 波も伴うことが報告されており¹⁵⁾、心外膜側活動電位のプラトー相の消失による結果と考えれば説明できる。QRS 電気軸と J 波との関連は報告されていないが、Brugada 症候群に左軸偏位が多いことは対照的である。対象患者の心電図では、最大 J 波高は III 誘導に最も高頻度に認められており、右軸方向への偏位が III 誘導の J 波をより顕性化させる可能性がある。J 波の原因とされる I_{to} は、徐脈により増強するが、本研究では R-R 間隔と最大 J 波高はむしろ逆相関した。今

回は同一症例間での R-R 間隔と最大 J 波高の関連は検討しておらず、自律神経緊張やほかの修飾因子、個体間のばらつきが検討結果に影響している可能性がある。

3. ST 上昇に伴う J 波

“早期再分極”の心電図所見としては、J 波と ST 上昇を指すことが多く、通常左前胸部誘導において J 波と ST 上昇を認める^{4),16)}。われわれの検討では、J+STe (+) 群は J+STe (-) 群に比べ、下壁誘導のみならず左前胸部誘導や高位側壁誘導に至る広い誘導領域で確認できた。また、この 2 群間では最大 J 波高が同等であったにもかかわらず、J 波幅、R 波高、T 波高、QT 時間に差を認めた。J 波に ST 上昇が伴う場合と伴わない場合の臨床的な意義はわかっていない。ST 上昇をきたすには、心外膜側の活動電位第 2 相におけるプラトー相の低下や消失による心内膜側活動電位との間の貫壁性電位差が必要と考えられる^{4),9)}。2 群間における J 波の局在や心電図所見の差は、それらの成因の違いを示しているかもしれない。

4. 研究の限界点

本研究では心血管疾患の合併例を極力除外するために、当院の循環器内科を除くほかの診療科の外來を受診し心電図検査を受け、正常心電図と判断された症例を対象とした。しかし、完全には心疾患を否定できず、必ずしも健常人とはいいきれない。したがって、今回の結果は一般集団における健常人の結果とは異なる可能性がある。また、1 回のみ的心電図解析で、その後の経過観察は行っておらず、認められた早期再分極所見と心イベントの発生については関連性を評価していない。

V. ま と め

J 波は心電図所見としてまれではなく、若年男性および下壁誘導において高頻度であり、さらに J 波高に関連する心電図所見も認められた。また、J 波に ST 上昇を伴う場合と伴わない場合で、J 波の局在や心電図所見に違いがみられた。今後は、これらの結

果を基にして、特発性心室細動や Brugada 症候群例との間で、J波の特徴の差異を検討する必要がある。一般成人におけるJ波の存在が、心臓突然死や不整脈事故の危険因子になるか否かを、健常人における大規模前向き試験を通して検討する必要がある。

〔文 献〕

- 1) Osborn JJ : Experimental hypothermia ; respiratory and blood pH changes in relation to cardiac function. *Am J Physiol*, 1953 ; 175 : 389 ~ 398
- 2) Potet F, Mabo P, Le Coq G, Probst V, Schott JJ, Airaud F, Guihard G, Daubert JC, Escande D, Le Marec H : Novel Brugada SCN5A mutation leading to ST segment elevation in the inferior or the right precordial leads. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2003 ; 14 : 200 ~ 203
- 3) Aizawa Y, Tamura M, Chinushi M, Naitoh N, Uchiyama H, Kusano Y, Hosono H, Shibata A : Idiopathic ventricular fibrillation and bradycardia-dependent intraventricular block. *Am Heart J*, 1993 ; 126 : 1473 ~ 1474
- 4) Gussak I, Antzelevitch C : Early repolarization syndrome : Clinical characteristics and possible cellular and ionic mechanisms. *J Electrocardiol*, 2000 ; 33 : 299 ~ 309
- 5) Haïssaguerre M, Derval N, Sacher F, Jesel L, Deisenhofer I, de Roy L, Pasquié JL, Nogami A, Babuty D, Yli-Mayry S, De Chillou C, Scanu P, Mabo P, Matsuo S, Probst V, Le Scouarnec S, Defaye P, Schlaepfer J, Rostock T, Lacroix D, Lamaison D, Lavergne T, Aizawa Y, Englund A, Anselme F, O'Neill M, Hocini M, Lim KT, Knecht S, Veenhuyzen GD, Bordachar P, Chauvin M, Jais P, Coureau G, Chene G, Klein GJ, Clémenty J : Sudden cardiac arrest associated with early repolarization. *N Engl J Med*, 2008 ; 358 : 2016 ~ 2023
- 6) Tikkanen JT, Anttonen O, Junttila MJ, Aro AL, Kerola T, Rissanen HA, Reunanen A, Huikuri HV : Long-term outcome associated with early repolarization on electrocardiography. *N Engl J Med*, 2009 ; 361 : 2529 ~ 2537
- 7) Rosso R, Kogan E, Belhassen B, Rozovski U, Scheinman MM, Zeltser D, Halkin A, Steinvil A, Heller K, Glikson M, Katz A, Viskin S : J-point elevation in survivors of primary ventricular fibrillation and matched control subjects : Incidence and clinical significance. *J Am Coll Cardiol*, 2008 ; 52 : 1231 ~ 1238
- 8) Mehta M, Jain AC, Mehta A : Early repolarization. *Clin Cardiol*, 1999 ; 22 : 59 ~ 65
- 9) Hlaing T, DiMino T, Kowey PR, Yan GX : ECG repolarization waves : Their genesis and clinical implications. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2005 ; 10 : 211 ~ 223
- 10) Kui C, Congxin H, Xi W, Yan-hong T, Okello E, Salim M, Han-hua D, Shu-ping H : Characteristic of the prevalence of J wave in apparently healthy chinese adults. *Arch Med Res*, 2008 ; 39 : 232 ~ 235
- 11) Di Diego JM, Cordeiro JM, Goodrow RJ, Fish JM, Zygmunt AC, Perez GJ, Scornik FS, Antzelevitch C : Ionic and cellular basis for the predominance of the Brugada syndrome phenotype in males. *Circulation*, 2002 ; 106 : 2004 ~ 2011
- 12) Fish JM, Antzelevitch C : Cellular and ionic basis for the sex-related difference in the manifestation of the Brugada syndrome and progressive conduction disease phenotypes. *J Electrocardiol*, 2003 ; 36(Suppl) : 173 ~ 179
- 13) Shinohara T, Takahashi N, Saikawa T, Yoshimatsu H : Characterization of J wave in a patient with idiopathic ventricular fibrillation. *Heart Rhythm*, 2006 ; 3 : 1082 ~ 1084
- 14) Letsas KP, Sacher F, Probst V, Weber R, Knecht S, Kalusche D, Haïssaguerre M, Arentz T : Prevalence of early repolarization pattern in inferolateral leads in patients with Brugada syndrome. *Heart Rhythm*, 2008 ; 5 : 1685 ~ 1689
- 15) Riera AR, Uchida AH, Schapachnik E, Dubner S, Zhang L, Celso Ferreira F, Ferreira C : Early repolarization variant : Epidemiological aspects, mechanism, and differential diagnosis. *Cardiol J*, 2008 ; 15 : 4 ~ 16
- 16) Boineau JP : The early repolarization variant--an electrocardiographic enigma with both QRS and J-STT anomalies. *J Electrocardiol*, 2007 ; 40 : 3. e1 ~ e10