

亀の心電図に関する研究：
誘導方法とその標準値についての検討

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2022-06-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 章, 開訓, 大野, 勝利, 葛野, 浩 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/5678

亀の心電図に関する研究

誘導方法とその標準値についての検討

章 開訓*・大野勝利・葛野 浩

家畜生理学研究室

(1987年7月31日受理)

Studies on the Electrocardiogram of the tortoise.

Lead methods and Standard Values.

ZHANG Kai-Xun, Katsutoshi OHNO, Hiroshi KADONO

Laboratory of Veterinary Physiology

(Received July 31, 1987)

SUMMARY

Little information exists about the electrocardiogram (ECG) of the tortoise. The following study describes the lead methods and the standard values of tortoise ECG.

Eight Japanese terrapins, weighing from 95 to 550 g, were used.

Based on the anatomical situation of the tortoise heart, four lead points were selected, and small holes were bored at these 4 points through the shell in the thorax of tortoises (Fig. 1). Leads of ECG were the standard limb lead (I, II, III) and the augmented leads (aVR, aVL, aVF), as in human or domestic animals.

The results were as follows :

The mean heart rate of 8 tortoises was 26.6 ± 2.7 /min and rhythmicity showed sinus rhythm in all tortoises. The range of mean electrical axis of QRS wave was from 72° to 144° , and its mean was $93.87^\circ \pm 24.1^\circ$, so the direction of electrical axis was left downward. P wave showed positive from in I, II, III and aVF and negative in aVR and aVL. The mean duration of P wave was 102 ± 6.8 msec, and amplitude was prominent in II, III, aVF and aVR. QRS complex showed various forms. QRS in lead I showed mainly R type, RS type in II and III, QR type in aVR and aVL, and RS type in aVF. The mean duration of QRS complex was 203 ± 48.2 msec, and amplitude of R wave was large in leads II, III and aVF. T wave showed mainly diphasic form exclusive of lead I, and amplitude was larger in leads II, III aVF and aVR. The mean S-T interval was 810 ± 36.6 msec, and The Q-T interval was 1226 ± 10.6 msec.

Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (52) : 191—198, 1987.

要 約

本研究は亀の胸部甲殻に設けた穿孔穴を通して体表からの導出に準ずる心電図を誘導記録した。本研究

* 現在 中華人民共和国浙江農業大学畜牧獸医学部勤務

に用いた誘導法は操作が比較的簡便で、かつ記録した心電図の各波形は明晰であった。そこで得られた資料をもとに心電図学的に各種の分析を試みた結果、爬虫類亀科の心臓の系統発生学的な研究および生理学的な検討に有意義な方法であると結論した。

1. 調律：正常な亀は洞性調律である。洞性P波はI, IIおよびaVFは陽性を示し、aVRおよびaVLは陰性を示した。また調律の不整も認められた。

2. 心拍数：安静状態下の心拍数は30回/分以下で平均値は 26.6 ± 2.7 回/分である。

3. 電気軸：P波の平均電気軸は $70^\circ \sim 90^\circ$ にあって、その平均値は $76.87^\circ \pm 7.9^\circ$ である。QRS波の平均電気軸は $72^\circ \sim 144^\circ$ にあって、その平均値は $93.87^\circ \pm 24.1^\circ$ である。したがって両者の電気軸の方向は概ね同一で、すべて左下方を指向している。

4. P波の持続時間と振幅：持続時間の平均値は 102 ± 6.8 msecである。振幅はII, III, aVFおよびaVRが大であった。

5. P-R間隔：その平均値は 649 ± 6.7 msecである。

6. QRS波の形態：IはRを主とし、II, IIIおよびaVFはRSを主とし、aVRおよびaVLはQRを主とする。QRS波の持続時間の平均値は 203 ± 48.2 msecである。振幅は陽性がII, IIIおよびaVFが大きく、陰性はaVRおよびaVLが大であった。

7. S-T間隔：その平均値は 810 ± 36.6 msecである。

8. T波の持続時間と振幅：持続時間の平均値は 218 ± 20.4 msecである。形態は大部分が二相性を示し、振幅はII, III, aVFおよびaVRが大であった。

9. Q-T間隔：その平均値は 1226 ± 10.6 msecである。

結 言

動物の心臓に対する心電図学的研究は非常に多く、生理学的ならびに臨床病理学的な解明に多大な貢献をしている。しかし、これらの研究は脊椎動物を中心とした高等動物にその重点がおかれている。このことは比較生物学的立場からの心臓に対する心電図学的追及が必ずしも充分でないことをうかがわせる。

人を頂点とする各種動物は長年月を経過して、現形態にたどりついているが、その経路をたどれば現存する動物は進化をいまもって継続しているといえる。したがって生体にとって重要な生命機関である心臓についても、形態的にも神経生理学的にそれぞれ進化の段階を有することから、このような観点における心電図学的な解析をすることも重要である。

亀の心電図の誘導方法や、それにもとづく数値的な分析検討を行った研究はみられない。そこで著者らは爬虫類の亀類中の亀科を代表して石亀の心電図を導出して分析を行ない若干の知見を得たのでここに報告する。

材料および方法

日本産の亀(石亀)8匹を実験に供した。体重は95 gから550 gで平均 287.9 gのものである。年齢は背甲骨板の甲板に刻まれた溝状線により鑑定した結果、2歳から10歳で平均7.5歳であった。

心電図の誘導法は亀の心臓の解剖学的位置を根拠とし、これに人の心電図の誘導法を参照し、さらに電極の設定位置が明確に決定できることや、それによって反復測定が容易にできるよう配慮した。

誘導方法は標準肢誘導I, II, IIIと増高単極肢誘導aVR, aVL, aVFを採用した。

電極の設置は予め亀の心臓の解剖学的位置¹⁾に基いて腹甲の甲板のうち胸甲板に4個の孔を設けた(図1)。導出電極は注射針(静脈用1/2の針体を10mmの長さに切断したもの)を用い、

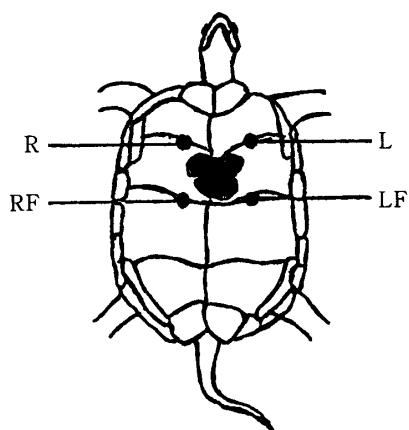


図1 心電図の誘導部位

これらの孔に刺入し針頭をクリップにより導線と接続した。被検動物は背側をクランプで固定して体動を防止し、水中に留置するなどによって安静状態を得る方法を採用した。すなわち無麻酔で、自然有意識状態下の安静状態で心電図を誘導した。電極の設置と連結は次の通りである。

標準肢誘導 I：右上孔—左上孔, II：右上孔—左下孔, III：左上孔—左下孔

増高単極肢誘導 aVR：右上孔, aVL：左上孔, aVF：左下孔

心電図の記録は多用途計測記録装置（Polygraph System・日本光電株式会社製）を用いた。記録速度は25mm/sec, 時定数は0.03~0.1secとした。なお測定時の室温は21~22℃で、その平均値は21.5℃であった。

実験結果

亀の体表心電図の記録は、I誘導ではやや低振幅で導出されるが、各波形はいずれも明晰であった。2種類の方法で誘導した典型的な例を図3に示した。

(1) 調律：P波は全例で認められた。したがって洞性調律である。P波の持続時間は $80 \pm 23.9 \sim 124 \pm 42.3$ msecの範囲であった。その平均値は 102 ± 6.8 msecである。

(2) 心拍数：安静状態での心拍数は23~30回/分で、その平均値は 26.6 ± 2.7 回/分であった。8例すべての亀について異なった日時での安静状態における反復誘導による心拍数は、30回/分を越えることはなかった。しかし四肢や尾部の接触や鉗圧刺激を与えて興奮させた場合の心拍数は30回/分を越え最高は41回/分に達した。

(3) 平均電気軸：心房（P波）の電気軸は $70^\circ \sim 90^\circ$ で、その平均電気軸は $76.87^\circ \pm 7.9^\circ$ であった。心室（QRS）の電気軸は $72^\circ \sim 144^\circ$ で、その平均電気軸は $93.87^\circ \pm 24.1^\circ$ であった（図2）。

(4) P波の形態および振幅について：P波の形態は各誘導のうちI, II, IIIおよびaVFでは主として陽性を示し、aVRおよびaVLでは主として陰性を示した。またaVLを除く各誘導で少数ではあるが二相性の形態をとる場合もあった。P波の振幅は陽性波ではIIおよびaVFで高く、Iで低い。陰性波ではaVRが高い。二相性を示すものではIIおよびaVFで陽性成分が大きく、陰性成分はaVRが大きい（表1）。

(5) QRS波の形態および振幅について：QRS波の形態はaVRおよびaVLでQR型を示すものが多く、R型はIで、RS型はII, IIIおよびaVFで多い。QRS型を示す例はaVLで1例認めるにすぎなかった（表2）。

QRS波の振幅はQ波がaVRで高く、II, IIIおよびaVFでは記録されなかった。R波はII, IIIおよびaVFで高く、I, aVRおよびaVLで低い。S波はaVRが最も優勢を示すが、IおよびaVLで低い（表

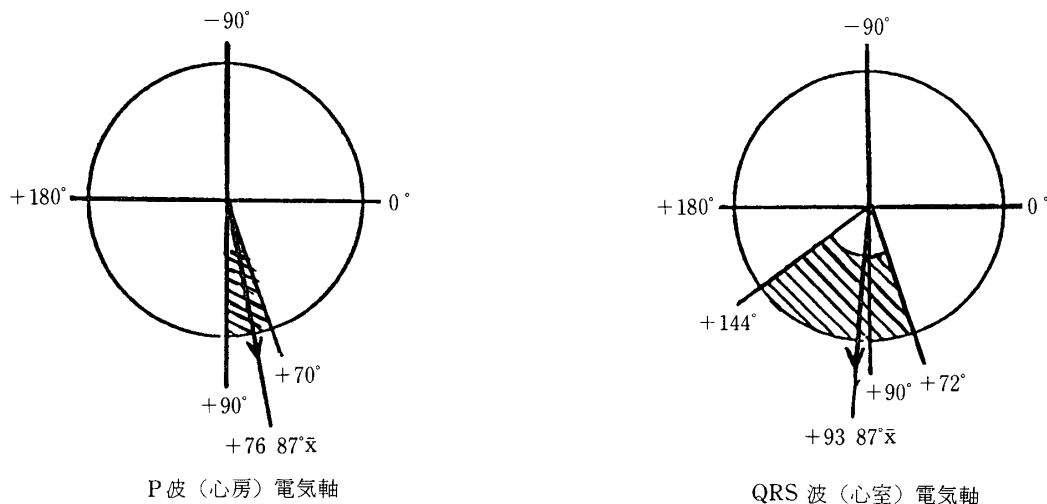


図2 平均電気軸

3)。

(6) T波の形態および振幅について：T波は各誘導とも基本的にQRS波の主成分と同じ方向を示した。T波の形態はIおよびIIIで平坦を示すほか、いわゆる単相性の波形を呈するものは少ない。そのほとんどが二相性を示し、+-型はaVRおよびaVLで、-+型はII、IIIおよびaVFで多い。

T波の振幅は陰性TではIで高く、二相性Tを示す場合には陽性成分と陰性成分がほぼ均衡している(表5)。

(7) P, QRS, Tの持続時間およびP-R, Q-T, S-Tの間隔について：表6に示した結果が得られた。すなわちP波の持続時間の平均値は 102 ± 6.8 msec, QRS波のそれは 203 ± 48.2 msec およびT波は 218 ± 20.4 msecであった。

P-R間隔は 649 ± 6.7 msec, Q-T間隔は 1226 ± 10.6 msec および S-T間隔は 810 ± 36.6 msecであった。

表1. P波の形態および振幅 (μV)

誘導	陽 性			陰 性			二 相 性		
	出現 例数	%	振 幅	出現 例数	%	振 幅	出現 例数	%	振 幅
I	7	87.5	13.9 ± 11.4				1	12.5	20.0 ± 0 -20.0 ± 0
II	6	75.0	37.9 ± 24.6				2	25.0	85.0 ± 21.2 -20.0 ± 0
III	5	62.5	35.8 ± 25.4				3	37.5	45.0 ± 30.0 -20.0 ± 0
aVR				7	87.5	25.7 ± 17.0	1	12.5	20.0 ± 0 -80.0 ± 0
aVL				8	100.0	17.5 ± 15.6			
aVF	6	75.0	41.3 ± 34.8				2	25.0	55.0 ± 35.4 -15.0 ± 7.1

平均値 $\pm$ 標準偏差

表2. QRS波の形態

誘導	QS		QR		QRS		R		RS		RSR'	
	出現 例数	%	出現 例数	%	出現 例数	%	出現 例数	%	出現 例数	%	出現 例数	%
I			2	25.0			5	62.5	1	12.5		
II							1	12.5	7	87.5		
III							1	12.5	7	87.5		
aVR	1	12.5	6	75.0							1	12.5
aVL			7	87.5	1	12.5						
aVF									7	87.5	1	12.5

ただし QS, QR, QRS, R, RS, RSR' の中の Q, R, S はすべて q, r, s を包括する。

表 3. QRS 波の振幅 (μV)

誘導	Q 平 均 値	R 平 均 値	S 平 均 値
I	140.0 $\pm$ 84.8	35.3 $\pm$ 28.2	20.0 $\pm$ 0
II		275.0 $\pm$ 139.4	101.4 $\pm$ 71.8
III		264.0 $\pm$ 147.0	110.0 $\pm$ 70.0
aVR	151.4 $\pm$ 87.1	49.3 $\pm$ 31.9	180.0 $\pm$ 0
aVL	144.7 $\pm$ 93.9	52.8 $\pm$ 38.8	10.0 $\pm$ 0
aVF		268.8 $\pm$ 140.6	88.8 $\pm$ 62.7
総平均値	145.4 $\pm$ 88.6	157.5 $\pm$ 87.1	84.9 $\pm$ 34.2

平均値 $\pm$ 標準偏差

表 4. T波の形態

誘導	陽 性 出現 例数 %	陰 性 出現 例数 %	平 坦 出現 例数 %	二相性(+ -) 出現 例数 %	二相性(- +) 出現 例数 %
I	1 12.5	1 12.5	3 37.5	1 12.5	2 25.0
II				1 12.5	7 87.5
III			1 12.5	1 12.5	6 75.0
aVR				7 87.5	1 12.5
aVL		2 25.0		6 75.0	
aVF				1 12.5	7 87.5

表 5. T波の振幅 (μV)

誘導	陽 性	陰 性	二相性(+ -)	二相性(- +)
I	5.0 $\pm$ 0	-60.0 $\pm$ 0	36.0 $\pm$ 0 -20.0 $\pm$ 0	5.0 $\pm$ 0 - 5.0 $\pm$ 0
II			15.0 $\pm$ 0 - 8.0 $\pm$ 0	63.6 $\pm$ 51.7 -69.3 $\pm$ 65.3
III			13.0 $\pm$ 0 -10.0 $\pm$ 0	70.0 $\pm$ 53.7 -69.2 $\pm$ 69.7
aVR			38.5 $\pm$ 24.1 -41.9 $\pm$ 46.5	5.0 $\pm$ 0 -10.0 $\pm$ 0
aVL		-20.0 $\pm$ 14.1	30.0 $\pm$ 26.1 -25.0 $\pm$ 25.1	
aVF			18.0 $\pm$ 0 -10.0 $\pm$ 0	58.6 $\pm$ 41.8 -54.9 $\pm$ 51.2

平均値 $\pm$ 標準偏差

表 6. P, QRS, T波の持続時間および P-R, Q-T, S-T 間隔時間 (msec)

誘 導	P	QRS	T	P-R	Q-T	S-T
I	85±25.6	103±29.0	124±38.5	680± 93.0	1184±130.7	990±124.1
II	124±42.3	235±62.0	240±84.2	648± 90.1	1243±148.7	753±118.5
III	113±40.7	243±58.0	253±86.2	643±103.3	1223±131.9	766±173.9
aVR	104±37.0	205±45.0	245±64.8	649±106.6	1233±123.7	800±142.2
aVL	80±23.9	193±42.0	199±81.5	635±118.4	1215±151.0	784±133.7
aVF	105±35.1	274±53.0	248±73.2	638±110.3	1260±153.0	768±126.9
総平均値	102± 6.8	203±48.2	218±20.4	649± 6.7	1226± 10.6	810± 36.6

平均値±標準偏差

考 察

爬虫類の心臓はすでに静脈洞より、心房と心室に区分され、心房は左右に完全に分化している。心室については不完全な隔壁を備えた段階に止まっている。静脈洞は退化の傾向を示しており、かつ不完全な双性循環を形成している^{2,3)}。

心臓は分化の上から、1心房1心室の不完全心から、2心房2心室の完全心になるが、その間には2心房1心室の不完全ないわば移行型の心臓を持つ動物種が存在する。したがって、心臓は形態的にも機能的にも多様性がある。それ故、心臓の活動に伴って発生する電気現象である心電図においても動物種による特異性を有するものと考えられる。

心電図は刺激伝導系に沿った興奮伝導が体表に波及したものを一定の法則性のもとに記録したものである。したがって、心臓を中心とした循環器系の動態を解析する上でも、また心機能検査法としても重要なものである。しかしながら、動物の系統発生学的な面と心電図学的方法をあわせた論議は必ずしも充分なものとはいえない。ことに爬虫類以下の動物の心電図に関する系統的な研究はみられない。そこで著者ら Einthoven の三角形と Bailey の六軸基準系の原理にもとづき、供試動物の心臓を解剖学的な位置から三角形の中心点に想定し、人の誘導法のうち汎用される標準肢誘導および増高単極肢誘導を選択して心電図を記録した。これにより心電図学的に各種の分析を試みて、標準値を得るとともにあわせて系統発生学的な心臓の特性についても若干の解明をしようとしたものである。

動物の心電図を誘導する場合には、体動などをともなうために、ことに安静状態の記録は困難となる。本研究は亀の心臓の解剖学的な位置にもとづいて、胸甲板に4個の孔を設けた。これに誘導電極を設置して、心電図の誘導が定常的にできるように工夫した。なお体動を防止する目的で背側をクランプで固定するとともに、水中に留置するなどによって安静状態を得る方法を採用した。その結果心電図の各波形は明晰に現われて弁別し易く、また反復性が良好で再現性の高い心電図が記録できる。したがって、亀の心電図を記録する場合に採用でき、各種の心電図学的分析に有効な方法であると結論した。

心電図の QRS 群の波形は動物種による相違がある^{2,4)}。そこで系統発生学的にこれらの特徴をみると、完全心と不完全心との区別にかかわらず爬虫類以下の動物種では Rs 型を示し、哺乳類のうちでは肉食類以上で Rs 型または RS 型を示すが、鳥類と有蹄類に限り rS 型を示す。いいかえれば、QRS 群の波形は Rs 型を原型として動物種により Rs 型あるいは rS 型などを示すようになる。著者らの成績では II, III および aVF では Rs 型を示し、aVR および aVL では Qr 型が、I では R 型であるが、qR 型もみられるが R 波が主流になる。そこで II については Rs 型を示すことから、澤崎⁵⁾が論じているものと一致する。ただしこれには亀の成績は述べられていないが、系統発生学的な位置から示唆している。著者らの成績がこれを証明した。また本研究では得られた資料から各種の分析を試みたが、これによって亀の心電図について一定の前進をもたらすものとする。

本研究では P 波と QRS 群から心房と心室の平均電気軸を算定した。その結果心房と心室の電気軸の方

向はほぼ一致し、腹側下方にベクトルは形成されている。このことは亀の心臓の解剖学的位置と相対的に一致していることを示している。また心電図波形は P, QRS および T の順序で記録されることから、静脈洞をペースメーカーとして心房から心室に刺激が伝導し、収縮もその順序に従うことが説明できる。

不完全心の心電図では動脈円錐の脱分極過程を示す B 波や、静脈洞のそれを示す V 波が記録されるといわれる⁶⁾。著者らの供試した亀も不完全心に属するが、これに相当する波形は記録されなかった。亀では QRS 群の主流をなす R 波の振幅が $200\mu\text{V}$ 前後の低いものであることから、B 波や V 波の振幅は微小なものであることが予想される。したがって、これらの波を記録して論議するためには、たとえば心臓を直視下において誘導する方法や高度の遮蔽と高性能ポリグラフの使用などの工夫が必要である。

謝 辞

本研究の実施にあたって、葛 根賢氏（浙江人民医院）に多大なご協力をいただいたことを深謝いたします。

文 献

- 1) 岡村周諦：“動物実験解剖の指針”，東京：641-621，風間書房，1964.
- 2) 澤崎 坦：心臓の比較生物学—医学と生物学の谷間から—科学，47，114-119，1977.
- 3) 澤崎 坦：動物種による心機能の特性，Exp. Anim. 33(2)，131-139，1984.
- 4) Sawazaki, H., and Hirose, H.: Comparative Electrocardiographical Studies on the Conduction Time of Heart in Vertebrates. Jpn. J. Vet. Sci., 36, 412-426, 1974.
- 5) 澤崎 坦：4，心電図に現われる動物種の特性“比較心臓学”，東京：朝倉書店，46-62，1985.
- 6) 澤崎 坦：10，その他の脊椎動物の心電図“比較心臓学”，東京：朝倉書店，158-168，1985.

標準肢誘導

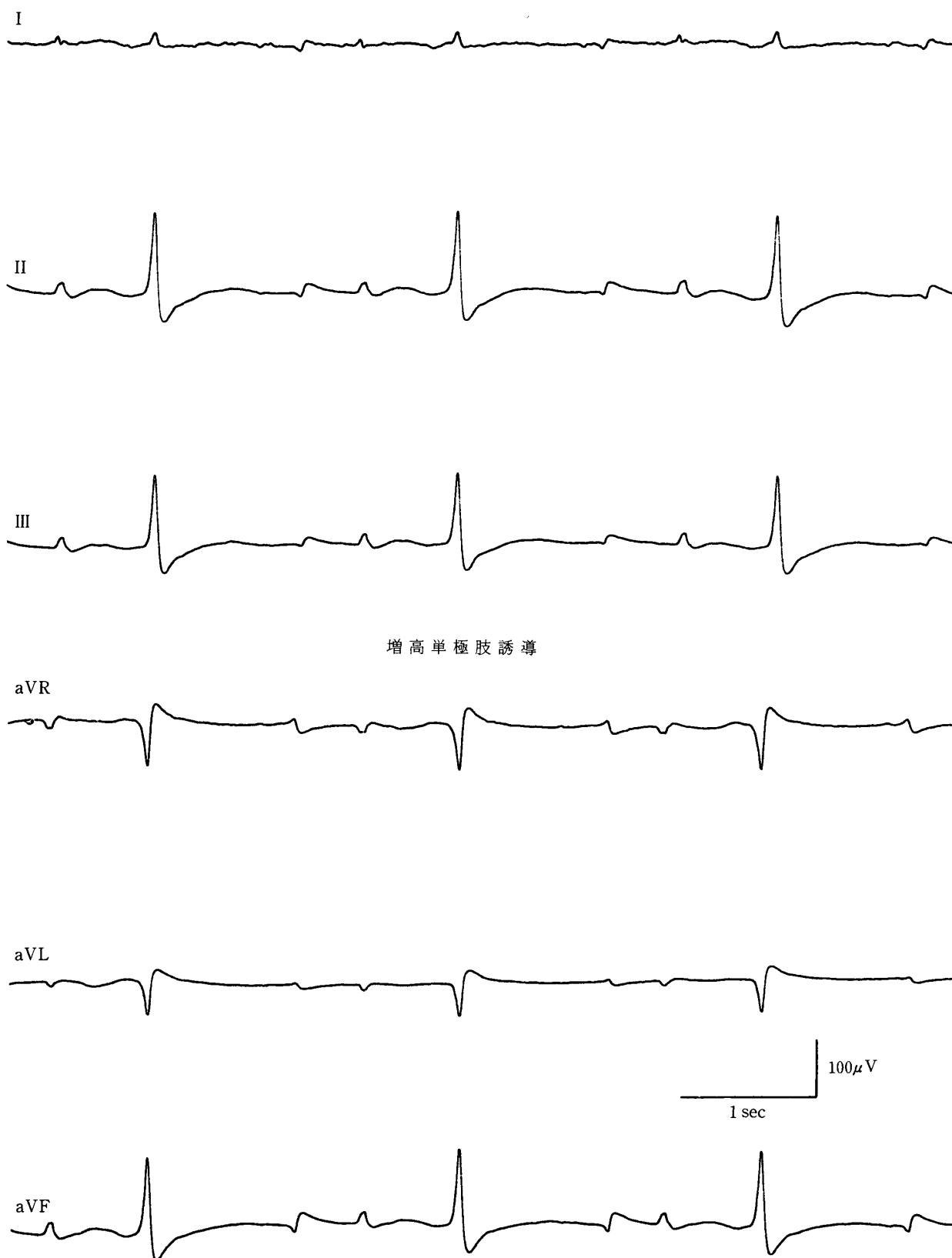


図3 標準肢誘導 (I, II, III) 及び増高単極肢誘導 (aVR, aVL, aVF) の例