



# 岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

鯉の心電図に関する研究：  
誘導方法とその標準値について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2022-06-07 キーワード: 作成者: 章, 開訓, 大野, 勝利, 葛野, 浩 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12099/5709">http://hdl.handle.net/20.500.12099/5709</a>

鯉の心電図に関する研究  
誘導方法とその標準値について

章 開訓\*・大野勝利・葛野 浩

家畜生理学研究室  
(1986年7月31日受理)

Studies on Carp Electrocardiogram  
Leading methods and standard values

Kai-Xun ZHANG, Katsutoshi OHNO and Hiroshi KADONO

*Laboratory of Veterinary Physiology*  
(Received July 31, 1986)

SUMMARY

Several works have been reported on the electrocardiogram (ECG) of fish, but very few systematic and detailed studies have been published on fish ECG because of lead method difficulties.

This study describes the lead methods and standard ECG values in the carps under light anaesthesia. Needle electrodes were stuck into the right and left fins and left chest region of the carp. By the combination of these 3 points the standard limb leads (I, II, III) and the augmented leads (aVR, aVL, aVF) were determined after the lead methods of human or animal ECG. These lead methods were easy to perform and all waves of ECG were recorded very clearly.

The characteristics of each wave are as follows:

P wave: This wave appeared in positive or negative form, so it has been considered that the cardiac rhythmicity was sinus rhythm in all cases. QRS complex: All QRS complex appeared as a positive wave form, and the amplitude of this wave was larger in lead I and aVR. Mean value of R wave of in lead I was  $33.6\mu\text{V}$  and that of Q wave in aVR was  $70.0\mu\text{V}$ . T wave: This wave in aVR was positive in all cases.

On the other hand, T wave in I, II, and aVL showed a negative form in almost all cases.

The mean electrical axis indicated almost the same direction in both cardiac atrium and ventricles.

Amplitudes and durations of P, QRS and T wave, and the intervals between these wave were measured.

要 約

本研究は鯉の体表から心電図を誘導した。本研究に用いた誘導法は操作が比較的簡単で、かつ誘導記録した心電図の各波形は明晰であった。その結果は魚類の生理的および病的状態下での心電図を誘導して、検討するためには有意義な方法であると結論した。

1. P波はIIの一例の平担を除いて、すべての誘導で出現した。したがって心臓は洞性調律をもっている。陽性P波はIIIで、陰性P波はIで、二相性P波はIIでそれぞれ出現しなかった。

\* 現在：中華人民共和国浙江農業大学畜牧獸医学部勤務

2. QRS 波はすべての誘導で陽性成分をもって導出された。また QRS 波の振動は I と aVR で大であった。

3. T 波は aVR では全例が陽性波であった。II では全例に陽性 T 波は出現しなかった。I, II および aVL ではほとんどの例で陰性 T 波を示した。また aVF では T 波は平坦である場合が多い。T 波の振幅は陽性波では aVL が、陰性波では I で大であった。

4. 平均電気軸は心房 (283.6°) および心室 (248.0°) とともにほぼ同方向を示した。

5. P, QRS および T 波の振幅と持続時間, また各波間の間隔をそれぞれ測定した。

## 結 言

魚類の心電図に関する報告は比較的多い<sup>1)</sup>。これらの報告は魚類の循環器系の病態発生の解析や、薬物の効果についての判定や毒性試験の検定などに貢献している。しかしながら、これらの報告にみられる魚類の心電図に関しては、その誘導法についていまだ統一された方法は確立されていない。またその誘導法の操作についても複雑で、かつ定位的でない。すなわち再現性のある心電図の誘導方法は確立されていない。したがって魚類の心電図の波形の形態や振幅や各波の持続時間や間隔および平均電気軸などの詳細な、しかも再現性のある系統的な検討が必要である。

著者らは鯉の胸部体表から比較的簡単にかつ再現性のある心電図を導出し、この記録にもとづいて各種の分析を試み、若干の知見が得られたのでここに報告する。

## 材料および方法

(1) 供試動物：本研究には日本産の鯉10匹を用いた。鯉は入手後あらかじめ用意した毎分11lの濾過能力を持つ水槽の流水環境で飼育した。飼育中の餌は鯉用に専用に開発された飼料を適宜給与した。鯉の体重は350g~500gで平均体重は410±64.4gであった。

心電図の測定は18.5℃~20.0℃, 平均19.3±0.6℃の環境室温で実施した。

(2) 測定方法：鯉は測定に先立ち、あらかじめ麻酔薬 (FA100 田辺製薬) で不動化した。すなわち水 1 l 中 FA100 を 0.2~0.5ml の濃度で鰓運動が僅かに残っている浅麻酔を行った。麻酔後測定台に遊泳体位に定置し、実験中は適宜体表上および口蓋に給水を行った。

電極は静脈用 1/2 注射針の針体を 10mm の長さで切断したものに導線を接続した。

心電図の記録は多用途計測装置 (POLYGRAPH SYSTEM 日本光電KK製) を使用し、心電図の誘導法は標準肢誘導および増高単極肢誘導を用いた。電極 R は右の胸鰭, L は左の胸鰭のそれぞれ基部に 5 mm の深さで刺入した。また RF は胸部右側に, LF は胸部左側に刺入した。各電極の刺入部位は図 1 に示した。

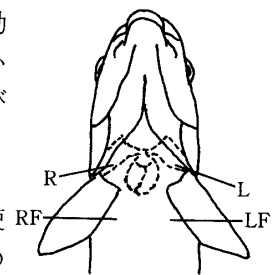


図 1 誘導電極の位置

したがって誘導電極の接続方法は次の通りとなる。

標準肢誘導	I : R-L	II : R-LF	III : L-LF
増高単極肢誘導	aVR : R	aVL : L	aVF : LF

誘導条件は時定数を 0.03~0.3sec とし、記録速度は 25mm/sec を原則としたが、実験時の状況によっては条件を変して記録を行い分析の補足資料とした。

## 実 験 結 果

鯉の体表心電図の記録は各波形いずれも極めて明瞭であった。各誘導の典型的な例を図 4 に示した。

(1) P 波の形態および振幅について：P 波は II の 1 例の平坦を除いて、すべて出現した。したがって調律は洞性調律をもっている。そのうち I, aVR および aVL では半数以上が陽性の波形を示した。II, III および aVF では半数以上が陰性を示した。その他に二相性の波形を呈するものも認められた (表 1)。

P 波の振幅は波では I が高く、aVF で低い。陰性波では aVR が高く、aVL で低い (表 2)。

表1 P波の形態

形態 誘導	陽性		陰性		二相性		平担	
	出現 例数	%	出現 例数	%	出現 例数	%	出現 例数	%
I	6	60			4	40		
II	4	40	5	50			1	10
III			8	80	2	20		
aVR	6	60	2	20	2	20		
aVL	8	80	1	10	1	10		
aVF	2	20	6	60	2	20		

表2 P波の振幅(μV)

誘導	陽性	陰性
I	10.1±7.2	5.0±2.5
II	6.7±4.0	4.6±4.3
III	4.3±1.0	7.2±4.0
aVR	3.8±2.0	10.7±3.9
aVL	7.6±5.0	3.8±1.8
aVF	2.9±1.7	5.8±4.3

平均値±標準偏差

(2) QRS波の形態と振幅について：QRS波はすべての例で陽性成分をもって記録された。そのうちaVF, IIおよびaVLの各1例を除いて、すべてQ波が認められた。Q波の出現する場合はQRS波はQ波が主成分となる。Iでは大部分にQ波が認められた。Q波が主成分を示すものが5例、50%を占めた。aVRは1例を除いて、RS型を示し、その主成分はR波であった(表3)。なおQRS波の形態でQ波、R波およびS波にはq波、r波およびs波を含むものとする。

QRS波の振幅はQ波ではaVRで高く、aVLで低い。R波ではIで高く、aVFで低い。S波はIおよびaVRで高く、aVLで低い。またaVFではS波の出現は認められなかった(表4)。

表3 QRS波の形態

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			6	60	2	20	1	10	1	10		
II	2	20	6	60	1	10			1	10		
III	1	10	3	30		10	1	10	3	30	2	20
aVR			1	10					8	80	1	10
aVL	1	10	6	60	2	20			1	10		
aVF	3	30	7	70								

表4 QRS波の振幅(μV)

誘導	Q波	R波	S波
I	21.4±10.9	33.6±34.7	15.8±12.3
II	15.9±9.9	11.6±7.8	7.5±3.5
III	45.0±32.7	10.2±9.5	6.5±3.4
aVR	70.0±0	30.0±31.0	16.5±12.7
aVL	9.3±3.4	22.6±28.5	5.6±3.2
aVF	21.5±33.8	11.2±10.9	

(3) T波の形態と振幅について：T波の波形の特徴はI, IIおよびaVLでは陰性を示すことが多く、それに反しIIIとaVRでは陽性を示すことが多かった(表5)。波形はQRS波の主波と同相の形態をとるものは4例で40%を占めた。一致しないものの3例、その他3例であった。T波の振幅は陽性波ではaVRとaVLで高く、IおよびaVFで低い。陰性波ではIで高く、IIで低い(表6)。

表5 T波の形態

形態 誘導	陽性		陰性		平担	
	出現 例数	%	出現 例数	%	出現 例数	%
I	1	10	9	90		
II			8	80	2	20
III	7	70	1	10	2	20
aVR	10	100				
aVL	1	10	8	80	1	10
aVF	1	10	4	40	5	50

表6 T波の振幅(μV)

誘導	陽性	陰性
I	5.0±0	8.1±4.8
II		3.5±2.1
III	6.5±4.2	5.0±0
aVR	7.2±3.6	
aVL	8.8±0	4.3±3.5
aVF	5.0±0	5.5±6.1

平均値±標準偏差

(4) 平均電気軸について：P波の平均電気軸は18~255°の範囲にあって、その平均値は $283.6 \pm 101^\circ$  (n = 10)であった。またQRS波の平均電気軸は6~175°の範囲にあって、その平均値は $248 \pm 103.7$  (n = 10)であった(図2)。

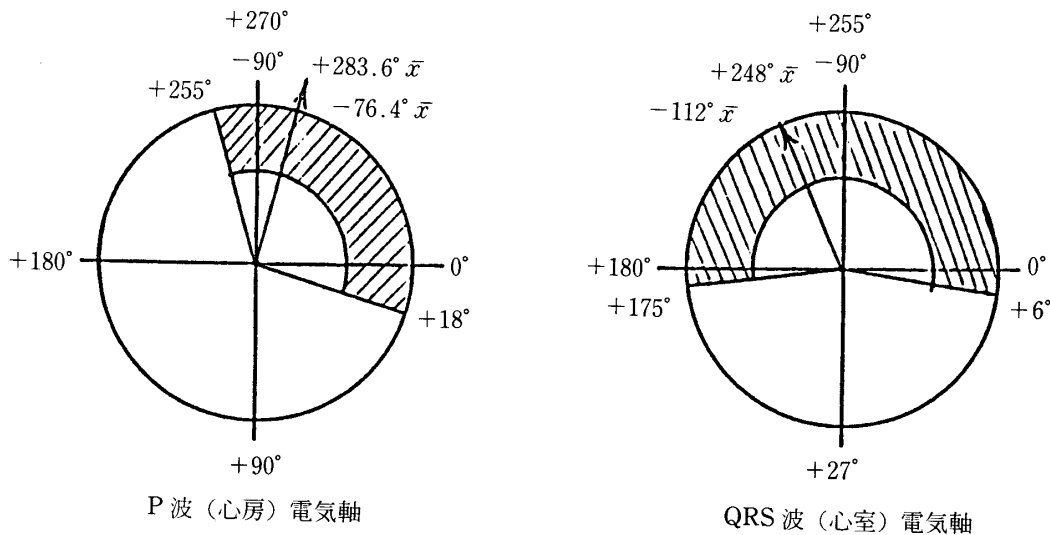


図2 平均電気軸

(5) 各波形の持続時間および間隔について：P波, QRS波およびT波の持続時間とR-R, P-RおよびQ-Tの間隔について分析した結果は表7のようになった。

表7 P, QRS, Tの持続時間およびR-R, P-R, Q-Tの間隔(msec)

項目 誘導	持続時間			間隔		
	P	QRS	T	R-R	P-R	Q-T
I	76.0±37.5	146.0±45.0	194.0±73.1	2708±924.5	225.0±72.3	805.0±128.3
II	60.0±20.0	135.0±47.7	152.5±62.3	2708±924.5	213.3±65.4	753.7±91.8
III	70.0±23.6	129.0±35.1	200.0±62.3	2708±924.5	239.0±71.3	800.0±127.8
aVR	72.0±25.3	145.0±26.8	188.0±59.0	2708±924.5	227.0±67.0	808.0±118.6
aVL	72.0±19.3	135.0±36.9	184.4±54.6	2708±924.5	238.0±64.1	802.2±129.8
aVF	74.0±23.2	135.6±29.2	157.5±20.6	2708±924.5	231.0±61.7	760.0±176.1
総平均値	70.7±22.3	137.6±2.7	179.3±8.0	2708±924.5	228.9±3.9	788.2±10.0

平均値±標準偏差

### 考 察

魚類の心臓は不完全心で、1心房1心室より成り、さらに真骨魚類(Teleostei)と軟骨魚類(Elasmo-branches)ではことなつた構成をもっている。また魚類の心臓はいわゆる歩調とり電位(pace-maker potential)を指標として歩調とり部位の探索を行つた成績から、a型、b型およびc型に分類されている<sup>2)</sup>。

著者らの用いた鯉はc型に属し、この型では歩調とり部位は洞房弁と房室濾斗の2カ所にあり、洞房弁が第一次の歩調とり部位となっている。第一次歩調とりから発した興奮は心房壁を放射状に伝播して心室に達するが、魚類の心室には、哺乳類にみられる特殊心筋から成るいわゆる刺激伝導系は知られていない。したがって興奮は房室連絡部を起点として波状に広がり、心内膜面ともほぼ相等しい速度で伝播するもの、また房室連絡部から心尖部に伝わり、ここを中心として広がるものなど魚類による相違も指摘されている<sup>2)</sup>。そこで魚類の心電図学的な検討を行う場合魚種の異なる心電図を安易に比較することは慎重を要する。しかし同じ魚種を用いてかつ再現性のある心電図の誘導法で記録された心電図であれば、魚類の心臓

の生理を解明する上で貢献するものと考えられる。また毒性などの検査を目的とした研究では、このような資料の蓄積が必要である。鯉は容易に入手でき、研究材料としての品種、体重、年齢、性別など各種の条件を整えやすい利点がある。著者らは浅い麻醉下に胸部から比較的簡単に再現性の高い心電図を導出して心電図学的に各種の分析をした。このような系統的な分析を試みた報告はみあたらないので魚類の心臓循環器系の心電図学的な検討に資することができると思われる。

魚類の心臓は囲心腔内に位置し、鱗の存在など体表の特殊な構造からみても、哺乳類で行われているような心電図の導出方法は適用できない。多くの場合、囲心腔の近くへ電極を刺入した埋込み電極が使用されている<sup>3)</sup>。しかしこの方法は電極を埋め込む際に魚体、特に心室を傷つけ易いので手術に多少の練習を必要とする。また電極を埋め込む際にその位置を肉眼で確認できないので電極を厳密に目的とする部位に置くことがかなり困難である。したがって心電図の波形を解析するためには、実験終了後に魚体を解剖し電極の位置を確認する必要がある。また海産魚の場合、電極部分の腐蝕が早く(水温25~30℃では2日~1週間)電極部分で切断してしまうことがあり、より強度のある腐蝕しにくい電極が望まれる<sup>4)</sup>。したがって著者らの方法では遊泳中の生態学的な研究には適当ではないが、電極の位置や深度や方向等が特定でき、かつ定位的であるので、再現性の高い心電図を導出することができる。

澤崎<sup>5)</sup>は囲心腔を切開し、心臓を直視下におきA-B誘導に相当する位置に電極を配置して導出記録した鯉および鮫の心電図で1心房1心室の構成による不完全心であるが、P波、QRS群およびT波を明瞭に弁別し、P波は陽性、QRS群はRsまたはR型を示し、T波は陽性、二相性、陰性のものなどさまざまであることをみている。

著者らの成績でもP波、QRS群およびT波は明瞭に弁別できた。ただし直視下の心電図に比較して各波の振幅は小さいが、十分な遮蔽と高性能のポリグラフによって信頼度の高い記録が可能である。

軟骨魚類ではQRS群とT波との間に小さな棘波が存在し、これは動脈円錐の脱分極過程を示すB波であり<sup>6)</sup>、Satchell<sup>6)</sup>は魚類心電図の基本的波形としてP波先行して静脈洞の脱分極過程を示すV波が記録されること、したがってV波、P波、QRS群、B波はそれぞれ静脈洞、心房、心室および動脈円錐の脱分極過程を示し、つづいて出現するT波は心室の再分極過程を現わす電位変化であるとしている。したがってこのことからすればV波およびB波も含めた各波の分析が必要であるが、体表からの導出では振幅が極めて小さいためにほとんど記録されない。それゆえこれらの波形を含めて心臓の電気生理学的な検討をするためには、別途工夫が必要と思われる。

難波<sup>7)</sup>は各種の真骨魚類で埋込み電極法により、心臓の左側に位置する電極を(+), 右側の電極を(-)として心電図を導出して、P波はいずれも陽性であるが、QRS群の波形はコイではQR型、フナではQS型、ニジマスではRS型、ハマチとマダイはQr型を示すとしている。また振幅はコイとニジマスで1.1mV、フナ0.4mV、ハマチ0.9mV、マダイ0.1mVであり、波形も振幅も魚類によってさまざまであるとし、このような変異の原因としては囲心腔内における心臓の固定が強固でないこと、導出電極と心臓との相対的な位置関係を一定に保つことがむずかしいことなどが考えられるとしている。

著者らの成績ではP波はIIIを除いて陽性P波となり、陰性P波はIを除いて、また二相性P波はIIを除くそれぞれすべての誘導で認められた。またQRS群についてもQR型が多いが、誘導によってはRS型、QS型、QRS型、R型などもみられる。このことは難波の指摘も妥当であると考えられるが、(+)(-)一对の電極のみで導出されたものであり、著者らは心電図の基本的誘導法にしたがって電極を設定しているに起因しているものと思われる。すなわち岡村<sup>8)</sup>によると鯉の心臓を腹面からみた解剖学的位置は図3の通りである。これは著者らの設定した心電図の各誘導における波形や電気軸の関係を論議するための参考になる。心臓の脱分極が静脈洞に始まり、心房、心室の順序で波及するときaVRの誘導電極は脱分極の波及してくる方向と同じである。したがってRS型が出現し、R

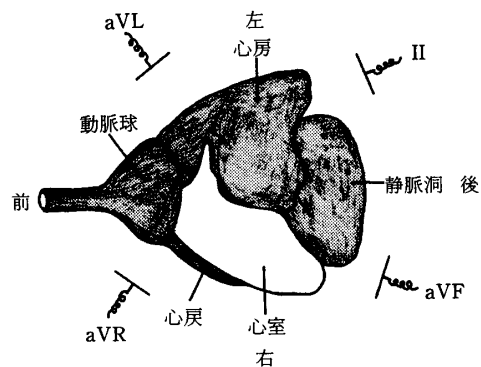


図3 鯉の心臓

波がその主成分となることがわかる。II, aVL および aVF の誘導電極は心臓の脱分極の波及してくる方向と反対である。したがってこれから導出される波形は陰性の波がその主成分をなすことがわかる。また鯉の心室は右側に偏しているので、導出される Q 波は比較的大きく明瞭である。

著者らは得られた心電図に基づいて心房および心室の平均電気軸について分析計測を行ったが、その結果は蛙、亀、犬および人のそれとは異なり、かなりの特異性が認められた。すなわち、それらの動物とは逆位相をもっている。このことは Ueno ら<sup>9)</sup>の鯉の心電図に関する報告のなかでも指摘されている。

本研究における鯉の実験例数は充分とはいえないが、著者らが採用した心電図の誘導法で各誘導ともに明瞭な波形を記録できたことから、これらの資料にもとずいて各種の分析を試みた。その結果の心臓に対する心電図学的な検討を行うために有益な資料を提供したものと考える。しかしながら今後とも実験例数を増して、各誘導軸と心電図の波形との関係について追及するとともに、心臓の脱分極の波及についての QRS 環による検討および Einthoven 正三角形や Bailey の六基準系などとの関係について詳細な検討が必要である。

## 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) 尾崎久雄：“魚類生理学講座 1” 東京：緑書房，301-305，1981.
- 2) 斎藤建彦：魚類心臓の歩調とりに関する電気生理学的研究．動物学雑誌，78，291-296，1969.
- 3) 難波憲二，村地四郎，河本真二，中野義久：魚類の心電図に関する研究 I．心電図導出法の検討，広島大学水産学部紀要，12，147~154，1973.
- 4) 山森邦夫：循環機能検査機器の実際，魚類．家畜の心電図．14号，19-21，1981.
- 5) 澤崎 担：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.
- 6) G. H. Satchell：Circulation in Fishes. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1971.
- 7) 難波憲二：魚類の心電図の内外諸要因による変化に関する研究．学位論文，東京大学，1978.
- 8) 村岡周諦：“動物実験解剖の指針” 東京：風間書房，493-497，1964.
- 9) Ueno, S., Yoshikawa, H., Ishida, Y. and Mitsuda, H. : Electrocardiograms recorded from the Body surface of the Carp. Proc. Jap.Acad. 61 (B), 261-264, 1985.

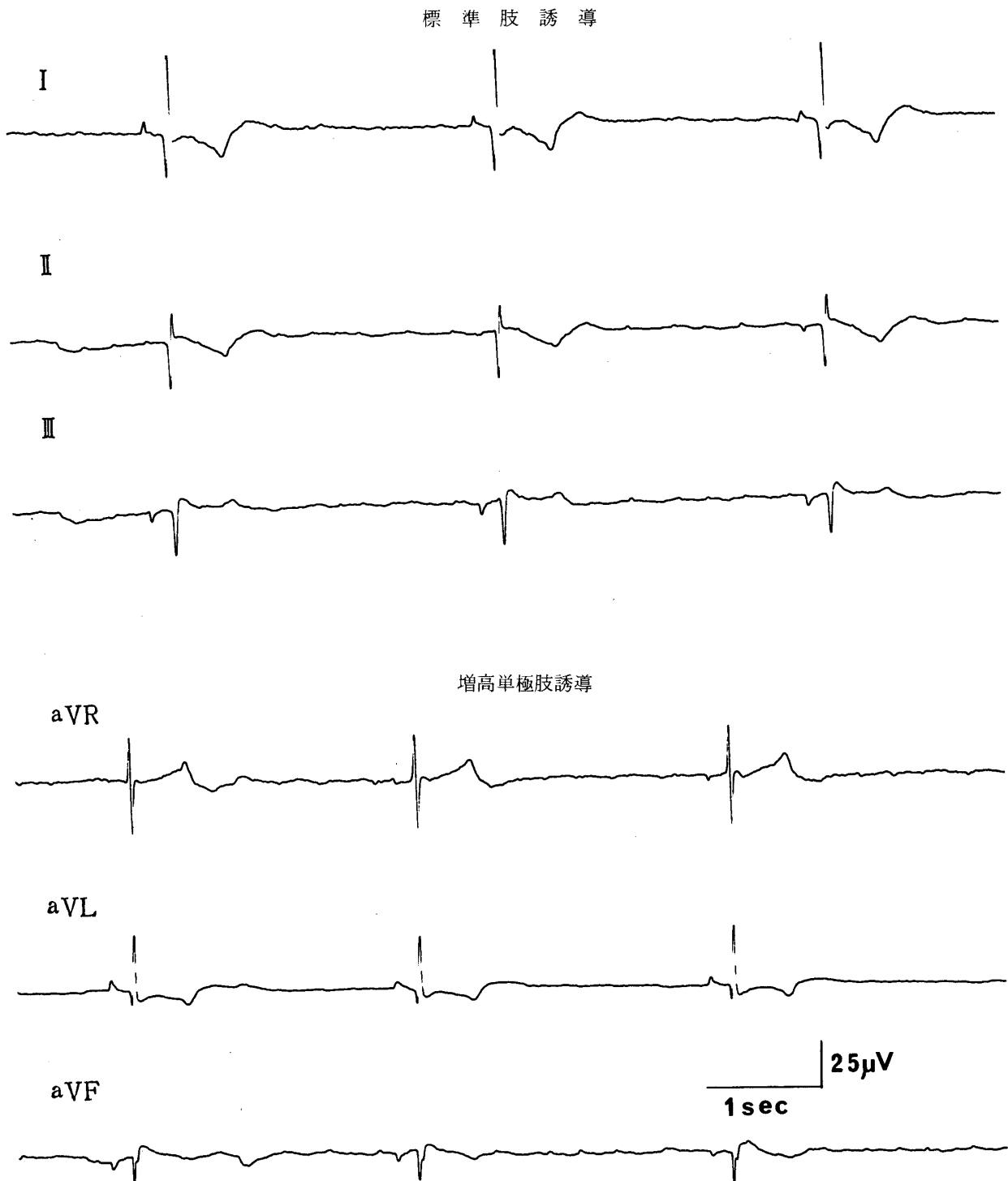


図4 標準肢誘導（I. II. III）及び増高単極肢誘導（aVR. aVL. aVF）の例