

シリーズ「生理学実習におけるベクトル心電図法」

生理学実習におけるベクトル心電図法

豊田 順一・明間 立雄・近藤 博明・新保 清・鯨岡 徹

(聖マリアンナ医科大学大学生理学教室)

1. はじめに

学生に心電図の基礎を学習させる際に、興奮ベクトルの概念を理解させることは必ずしも容易ではない。このベクトルの概念の理解に役立てることを目的に当教室では過去10年以上に亘って学生実習に簡易型のベクトル心電図の実習を組み入れてきたので紹介したい。正式のベクトル心電図の導出も可能と思われるが、目的はあくまでも一般の心電図の理解に役立てることであり、導出法は通常的心電図の12導出法を利用することとした。実習は単純でしかも短時間でできるが、これまでの経験から学生の理解にはなお幾つかの工夫も必要と思われる。

なおヒトの正常心電図の実習は既に経験しているものとするが、心電図の実習と組み合わせると同時にすることも可能であろう。

2. 概要

実習ではQRSの前額面および水平面のベクトル環を描かせる。前額面ベクトルについては、標準肢導出の第Iおよび第III導出を100または200 mm/秒の紙送りスピードで同時記録し、QRSの瞬時ベクトルを等間隔(1 mm)毎に求め、アイントーフエンの三角上にプロットする。そのベクトルの先端をつないでいったものを前額面のベクトルとする。

つづいて第I導出の出力をブラウン管オシロスコープのX軸に、第III導出の出力を極性を反転してY軸に接続し、そのベクトル環を観察し、撮影記録する。

水平面ベクトルについては便宜上双極導出ではなく、単極胸部導出の V_6 および V_2 の同時記録を行い、前者をX軸、後者をY軸とする直

交軸上に各瞬時ベクトルをプロットし、その先端をつなぐ。また、 V_6 の出力をオシロスコープのX軸に、 V_2 の反転した出力をY軸に接続し、ベクトル環を観察、記録する。

3. 機器

機器としては最低限心電図2チャンネルの同時記録が可能な心電計とオシロスコープが必要であり、それにポラロイド撮影装置があると便利である。これまで我々が使用したのは多用途2素子記録装置(日本光電 RM-25, 現在は製造中止)で、生体電気用プリアンプ(RB-5)と2チャンネル生体用入力箱(RB-J5)を組み合わせていた。ただし、この入力箱では第1チャンネルでは心電図の12導出が記録可能であるが、第2チャンネルでは心電図の記録が選択できないため、第2チャンネルのロータリースイッチを改造し、第III導出および V_1 の出力が選択できるようにした。現在は学生実習用として別の多素子記録装置(日本光電)が市販されているが、心電図の2導出同時記録にはプラグインユニットとして心電図用アンプ(AC-601G)2台と心電図用導出パネル(PC-630G)の組み合わせが利用できる。

オシロスコープでの観察は前記の2素子記録装置の出力、例えば第I導出をX軸の+端子に第III導出をY軸の-端子に接続し、X-Y記録計として用いる。我々は以前はストレージ型(テクトロニクス5100シリーズ)を用いていた。心電図の1周期をタイミングを合わせて記録し、次の周期が重ならないように記録計のインスタントスイッチを利用して入力を切ると静止したベクトル環が記録される。適当な波形が記録できたならばポラロイド写真機にてそれを撮影記

録する。

しかし、ストレージ型のオシロスコープも現在ほとんど市販されていない状態であり、今後はデジタル型のものを利用せざるを得ないであろう。ストレージ型の方が波形が観察しやすいが、デジタル型になると余りに機械的すぎるきらいがある。デジタル型になると実際のベクトル環の動きが観察されないで、出来ればデジタル、アナログを切り替えられるタイプのものが望まれる。このようなものに例えばリアルタイム & ストレージオシロスコープ(日立 VC-6523)などがある。この場合、デジタル表示にしておくと、直接ブラウン管面上に静止したベクトル環を表示できず、一旦通常の2チャンネルの記録を取り込んだ後に X-Y に変換する。最初はアナログに切り替えて、1 周期毎の

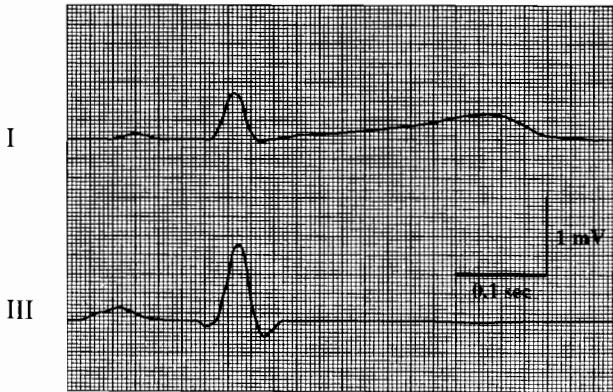
ベクトル環を直接観察するようにし、記録のための静止したベクトル環はその後デジタルに切り替えて記録することになる。

4. 実習データ

実際の前額面ベクトル作図のための心電図波形および各時点での瞬時ベクトルをもとめるための第 I および第 III 導出の振幅データを図 1 に示した。また作図された前額面ベクトルおよびオシロスコープ上のベクトル波形を写真撮影したものを図 2 に示した。

また、水平面ベクトルの記録のための心電図波形および振幅データを図 3 に、作図による水平面ベクトルとオシロスコープ上のベクトル環の写真を図 4 に示した。

注意点として、導出を取り違えたり、Y 軸で



No.	Time (msec)	I (cm)	III (cm)
1	0	0.00	0.00
2	10	0.00	-0.14
3	20	0.07	-0.05
4	30	0.60	0.65
5	40	1.20	1.74
6	50	1.00	1.90
7	60	0.20	0.53
8	70	-0.06	-0.30
9	80	0.00	-0.30
10	90	0.02	-0.06

図 1. 標準肢第 I および第 III 導出波形と作図のための振幅データ

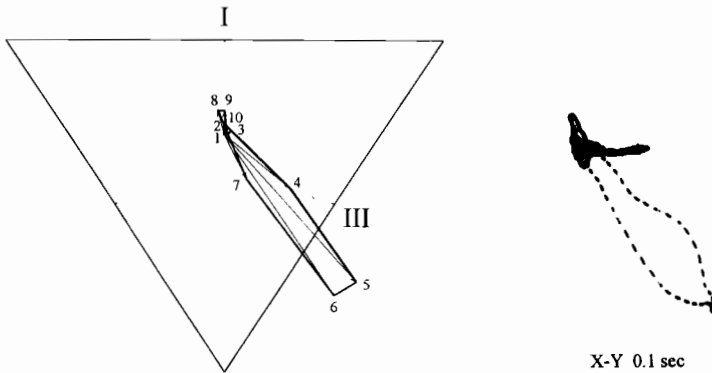
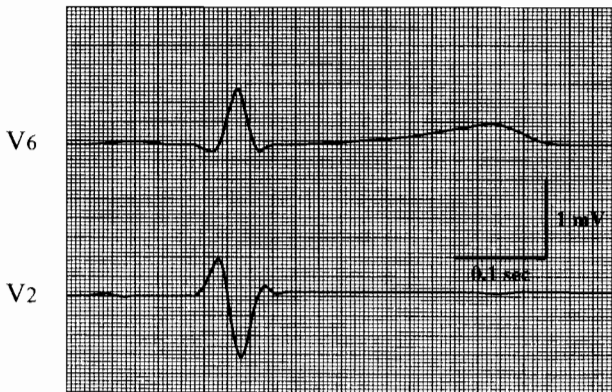


図 2. 作図による前額面ベクトル(左)とオシロスコープ上の X-Y 記録(右)



No.	Time (msec)	V6 (cm)	V2 (cm)
1	0	0.00	0.00
2	10	-0.11	0.24
3	20	-0.18	0.75
4	30	0.25	0.75
5	40	1.10	-0.73
6	50	1.34	-1.58
7	60	0.33	-0.80
8	70	-0.15	0.05
9	80	-0.05	0.20
10	90	0.00	0.05

図3. 胸部導出 V₆ および V₂ の波形と作図のための振幅データ

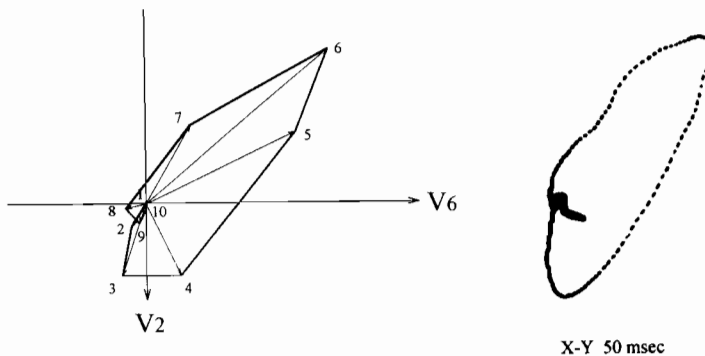


図4. 作図による水平面ベクトル(左)とオシロスコープ上の X-Y 記録(右)

一端子への接続を誤ると、計算によるプロットと写真の記録が一致しないので、必ずチェックするようにすること、および、胸部導出では V₂ は右室パターン、V₆ は左室パターンとなっていることを確認するよう、指導した方がよい。

5. 実習の進め方のポイント

正常のヒト心電図の実習は終了しているが、既に記憶も薄れていることもあり、当日の実習前に以下の事項について説明を加えるようにしている。

1. 興奮の伝導系および心室内での興奮の伝搬と興奮のベクトルについて復習する。
2. ベクトル心電図の導出法について、通常の12導出法心電図のどの導出法を用いれば前額面と水平面のベクトル心電図の代用に

なりうるか、考えさせる。

3. オシロスコープの原理を説明するとともに、1mVの較正電圧をX軸、Y軸、それに両軸に同時に加えたときの光点の動きを観察させることが必要である。

また心電図ベクトルの観察に先立って、X軸上の第I導出波形の動き、またY軸上の第III導出波形の動きのみをそれぞれに観察させておくことも重要である。これは後に討論で、実習とは逆に、ベクトル心電図波形より第I、第II、第III導出波形を推定させる際の基礎知識として役立つ。

6. 実習後のレポートおよび討論

実験後の考察として現在は次の項目をあげている。

1. ベクトル心電図上で時間のファクターは何で表すことができるか考えてみよ。
討論ではベクトルの進行方向を表す方法についても説明し、実際に成書にあるベクトル心電図の記録を参考に見せることとしている。
2. 左室肥大, 右室肥大, 心筋障害でベクトルはどう変化するか考えよ。
左室側の肥大, 心筋障害は比較的単純に説明できる。右室肥大は興奮時期の問題が絡むので, 説明しにくい面がある。
3. 期外収縮時のベクトルはどうなるか考えてみよ。
心房性, 心室性の期外収縮波形の違いを述べさせる。期外収縮を持つような被験者がいれば実際に示説できる。
4. アイントローフェンの三角で求めた平均電気軸は, どの点をプロットしたものか。またその理由を考えてみよ。
得られた前額面ベクトルから平均電気軸を

求めさせても良い。それがベクトル環の重心の方向にほぼ一致することを確認させる。

最後に任意の QRS ベクトル環を描き, それより第 I, 第 II および第 III 導出波形並びに aVR, aVL, aVF 波形を予測させる。それができれば, 一応ベクトルの概念は理解したものとして実習を終了する。

7. おわりに

2年前より, オシロスコープをデジタル型に切り替えたが, 2 導出の心電図波形がダイヤル操作のみで一気に X-Y 波形に変換されるため, 学生の操作する部分が減り, 記録の実感がわからないように感じられる。出来れば従来のアナログ型のストレージオシロスコープか, あるいはオンラインでのデジタル X-Y 表示が出来るオシロスコープが入手出来るようになればと願っている。