標準12誘導と Mason-Likar 誘導の臨床心電図的比較検討

岡本 登* 太田壽城* 水野嘉子*
横井正史* 桜井淳一* 魚住善一郎*
岩塚 徹*

運動負荷中の心電図検査に広く普及している Mason-Likar (ML) 誘導の特徴を検討する目的で、正常・異常105例につき、仰臥位で標準12 (St) 誘導と比較した。

ML 誘導は St 誘導に比し、I の R 波は小さく、II, III, aV_F の R 波が有意に大きく、平均電気軸は ML 誘導 ($56.9^{\circ} \pm 38.4^{\circ}$) の方が St 誘導 ($38.2^{\circ} \pm 40.4^{\circ}$) より垂直位であった。ML 誘導の方が St 誘導よりも水平位となったのは105例中 5 例で、異常左軸偏位例が多かった。

胸部誘導の波形は QRS 群、T 波共に ML 誘導と St 誘導は極めてよく一致し、St 誘導の診断基準がそのまま ML 誘導にも適用可能と考えられた。

aV_L, III, aV_F では ML 誘導と St 誘導の波形にかなりの差があり、St 誘導の異常 Q 波が ML 誘導で消失あるいは浅くなる例を認めた。

運動負荷心電図に ML 誘導を用いる場合、aV_L, III, aV_F の波形変化や Q 波の有無、および平均電気軸の評価には慎重な解釈を要する。

I. はじめに

運動負荷心電図の診断精度に影響を与える一つの要因に心電図誘導法がある。運動前後の心電図記録の比較では、運動中にだけ出現する異常の見逃しがあることが指摘され、運動中の心電図記録の重要性が強調された。運動中の必電図記録は、初期には電極や誘導コード、その他技術上の問題から、主として胸部双極誘導法が用いられその特徴が比較された¹⁾。その後多誘導同時記録の有用性が認められ、ME 技術の進歩と共に Mason-Likar による修正12誘導法 (ML 誘導^{2),3)} や胸部単極多誘導法^{4),5)}、さらに胸背部に数十個の電極を装着して運動負荷心電図を記録する体表面電位図法 (マッピング⁶⁾) が可能となった。

しかし、運動負荷心電図の診断精度向上のために臨床的理想的な誘導法はまだ確立されたとはいえない。従来の標準12誘導 (standard, St 誘導) 心電図の診断基準がそのまま適用できる ML 誘導は、胸部双極誘導と共に現在最も広く用いられている誘導法である。

運動負荷心電図検査用の ML 誘導は、運動中の記録の安定性のために四肢電極を軀幹に修正した方法で、St 誘導との相関が認められている。しかし、Mason らの報告以来、正常および異常の多数例について、St 誘導と比較して ML 誘導の特徴を検討した報告はほとんどない。本研究の目的は ML 誘導と St 誘導を比較し、ML 誘導の特徴および臨

Keywords

心電図
運動負荷心電図
心電図誘導法
Mason-Likar 誘導法
平均電気軸

(1986年 4 月30日原稿受領)

(1987年 2 月24日掲載承認)

*愛知県総合保健センター

(〒460 名古屋市中区三の丸 3 丁目 2-1 愛知県職員病院)

表 1 対象の心電図分類 (N = 105)

正常	39
室肥大 左室肥大	23
右室肥大	1
虚血性 ST-T 異常	31
心筋梗塞 前壁	2
下壁	4
完全右脚ブロック	3
不完全右脚ブロック	3
左脚ブロック	2
WPW 症候群	2
左軸偏位	7
右軸偏位	1

105例の主な波形分類で、不整脈分類は省略

床心電図に適用する場合の問題点を明確にすることである。

II. 対象と方法

対象は愛知県総合保健センター外来受診者105例

で、その心電図所見別分類は表 1 のごとくで、正常39, 室肥大24, 心筋梗塞 6 等である。

まず、安静仰臥位で標準12誘導 (St 誘導) を記録し、引き続き四肢電極を ML 法に示された両鎖骨下窩および左肋骨下縁と腸骨稜との中間で左前腋窩線の部位に移動装着し記録した。また、自動心電計 (FCP-300TM) により全例の各誘導別 P, QRS, ST-T, peak to peak 値など100項目以上の計測値を自動計測で求め、さらに St 誘導および ML 誘導の両者間の各誘導別、項目毎に相関係数および回帰式を求めた。

III. 成績

対象105例について St 誘導および ML 誘導心電図を記録し、各誘導別に R 波, T 波, peak to peak (P-P) 値および両誘導の差 (Difference) すなわち ΔR , ΔT , $\Delta P-P$, などをまとめると表 2 のごとくである。V₁, V₂, V₃ については R 波の代りに S 波を用い, aV_L では, Q 波の測定値を用い比較した。I, aV_L の R 波高および P-P 波高は St 誘導の方が大きく, II, III, aV_F, では ML 誘導

表 2 標準12誘導と修正 (ML) 誘導の比較 (N=105)

	Standard Lead						ML Lead						Difference					
	R		T		P-P		R		T		P-P		ΔR		ΔT		$\Delta P-P$	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
I	78.5	39.5	14.8	14.2	93.2	41.9	64.0	36.4	14.9	12.7	81.1	40.4	14.5	12.7	-0.1	4.9	12.1	16.2
II	103.7	48.0	19.7	14.9	122.5	48.5	145.7	64.4	27.5	22.1	172.1	65.3	-42.1	22.2	-7.8	9.1	-49.6	25.3
III	55.3	44.9	3.7	13.6	91.9	50.2	100.4	67.5	11.2	18.0	132.5	68.9	-45.1	33.1	-7.5	11.2	-40.6	43.0
aVR	54.3*	46.3	-17.9	11.8	100.0	32.2	60.8*	52.4	-20.4	18.5	117.5	41.7	-6.5	21.8	2.5	12.3	-17.5	18.3
aVL	45.2	39.0	5.7	11.1	69.3	41.4	30.7	33.2	4.1	17.3	74.8	51.1	14.5	18.2	1.6	15.6	-5.5	43.8
aVF	73.0	47.1	12.3	11.8	94.8	47.3	121.7	66.2	20.1	21.2	149.0	73.5	-48.7	32.4	-7.9	13.8	-54.2	46.9
V ₁	117.9†	67.1	17.0	26.5	170.4	74.7	109.5†	65.5	15.1	24.1	158.6	70.1	8.4	30.8	1.9	13.2	11.7	25.2
V ₂	168.1†	83.8	53.4	37.1	258.4	105.4	159.3†	84.1	51.7	34.7	245.9	104.3	8.8	33.9	1.7	17.9	12.5	40.7
V ₃	133.7†	87.0	56.5	35.9	242.2	115.3	121.8†	84.7	54.3	33.9	225.7	108.7	11.9	21.3	2.2	12.1	16.6	42.2
V ₄	188.9	89.0	39.2	40.9	268.5	109.6	187.5	89.4	37.9	41.3	257.9	106.4	1.4	17.8	1.3	6.9	10.6	21.8
V ₅	191.7	70.2	25.5	30.3	227.9	76.5	191.5	70.9	25.9	30.7	221.8	77.3	0.2	16.4	-0.4	5.4	6.2	21.9
V ₆	134.8	46.6	18.5	18.8	149.7	48.2	136.7	48.7	19.0	19.7	151.6	51.8	-1.9	12.4	-0.5	3.8	-1.9	15.1
Axis	38.2	40.4					56.9	38.4					-18.7	17.7				

M : Mean value

* : Q-amplitude

1mV=100.0

SD : Standard deviation

† : S-amplitude

12誘導の R 波, T 波, Peak to Peak (P-P) 値および12誘導と ML 誘導の差 (Δ) の平均値 (M) と標準偏差 (SD) を示す。

表3 標準12誘導とML誘導の相関係数(N=105)

	Q	R	S	T	P-P	QRS P-P	T P-P
I	0.886	0.947	0.891	0.940	0.924	0.818	0.930
II	0.945	0.964	0.968	0.955	0.943	0.911	0.938
III	0.823	0.904	0.876	0.784	0.783	0.386	0.623
aVR	0.910	0.876	0.872	0.758	0.908	0.939	0.341
aVL	0.473	0.885	0.668	0.465	0.569	0.247	0.418
aVF	0.902	0.890	0.801	0.799	0.783	0.722	0.891
V ₁	0.941	0.955	0.893	0.867	0.941	0.944	0.907
V ₂	0.998	0.965	0.918	0.878	0.925	0.965	0.945
V ₃	0.998	0.922	0.970	0.941	0.931	0.917	0.970
V ₄	0.949	0.980	0.982	0.986	0.980	0.960	0.980
V ₅	0.954	0.973	0.939	0.984	0.960	0.896	0.977
V ₆	0.936	0.967	0.959	0.982	0.957	0.797	0.946
平均電気軸	0.901						

12誘導心電図の各棘波別に相関係数を求めた。

図1 標準12誘導とML誘導の比較(N=105)
QRS群の平均電気軸の相関図

REST-ECG【FCP300-C2】 301 HIGH VOLTAGE (LEFT VENTRICLE)
 59- 8-27 10:28
 ID=5901984 MALE 43Y
 HR = 72 BP=116/ 60
 R-R = 826 P-Q = 140
 QRS = 100 AXIS = 28
 QT = 399 QTC = 438
 RU5=2.82 SU1=1.49

標準12誘導

I, II, III(2) AVR, L, F(1) U1, U2, U3(1) U4, U5, U6(3)

REST-ECG【FCP300-C2】 301 HIGH VOLTAGE (LEFT VENTRICLE)
 59- 8-27 10:29
 ID=5901984 MALE 43Y
 HR = 73 BP=116/ 60
 R-R = 814 P-Q = 152
 QRS = 100 AXIS = 65
 QT = 402 QTC = 444
 RU5=3.00 SU1=1.31

ML誘導

I, II, III(2) AVR, L, F(2) U1, U2, U3(2) U4, U5, U6(2)

図2 標準12誘導とML誘導の比較

43歳男性のQRS群高電位心電図。標準12誘導ではaVLが上向き優勢であるに対し、ML誘導では下向き優勢の波形となる。

の方が有意に大きかった。T波についてもほぼ同様の傾向を認めた。従って、I, II, III誘導より求める平均電気軸^{8),9)}は、St誘導 $38.2^{\circ} \pm 40.4^{\circ}$ 、ML誘導 $56.9^{\circ} \pm 38.4^{\circ}$ で平均 18.7° の差がみられ、ML誘導の方がより垂直位となった。胸部誘導については、各計測項目共にSt誘導とML誘導間で極めてよく一致したが、 V_1 - V_4 ではSt誘導の方がQRS群、T波共にやや大きい傾向を認めた。

St誘導とML誘導の相関係数を12誘導の各項目につき求めると表3のごとくである。概して高度に有意の相関を示したが、aVLおよびIII誘導では相関係数はやや低かった。特にaVLのQRS/P-PやT/P-P、Q波およびIIIのQRS/P-P、T/P-P、aVRのT/P-Pでは相関係数は比較的低値であった。次に、I, II, IIIのQRS群より求めた平均電気軸について、St誘導とML誘導を比較した(図1)。ML誘導の方が小さな値を示した例は105例中僅か5例にすぎなかった。この5例中4例は -29° 以上の異常左軸偏位を示し、正常電気軸心電図がML誘導でより低値を示したのは1例($26^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$)のみであ

った。

以下実例を供覧する。

(症例1)：心電図上QRS群の高電位を示す43歳男性例である。平均電気軸はSt誘導 28° に対しML誘導では 65° と、ML誘導はより垂直位であった。また、St誘導ではaVLのQRS群は上向きであるのに対し、ML誘導では下向きの振れが大きく、両者間に違いを認めた。胸部誘導では各波形共よく一致しRV₅とSV₁の波高に僅かの差を認めるが、(RV₅+SV₁)の値は両者間で等しかった(図2)。(症例2)：49歳男性のWPW心電図である。QRS群はSt誘導のaVFでは下向きの振れが大きく、平均電気軸が -14° であるのに対し、ML誘導のaVFはQRS群が上向きで平均電気軸は 38° とより垂直位であった。また、St誘導のIIIおよびaVFの幅広い異常Q波はML誘導では浅く、かつ狭くなり、異常Q波とはいえない所見であった。胸部誘導ではデルタ波の出現する誘導や大きさを含め、極めてよく一致した(図3)。

REST-ECG 【FCP300-C2】 402 W-P-W SYNDROME
 59- 9- 3 14:22
 ID=5902064 MALE 49Y
 HR = 78 BP=112/ 72
 R-R= 763 P-Q= 156
 QRS= 106 AXIS= -14
 QT = 398 QTC= 454
 RU5=2.50 SU1=0.24

標準12誘導

I, II, III (1) AVR, L, F (1) U1, U2, U3 (1) U4, U5, U6 (3)

REST-ECG 【FCP300-C2】 402 W-P-W SYNDROME
 59- 9- 3 14:23
 ID=5902064 MALE 49Y
 HR = 78 BP=112/ 72
 R-R= 760 P-Q= 148
 QRS= 116 AXIS= 38
 QT = 405 QTC= 464
 RU5=2.49 SU1=0.30

ML誘導

I, II, III (2) AVR, L, F (1) U1, U2, U3 (2) U4, U5, U6 (2)

図3 標準12誘導とML誘導の比較

49歳男性のA型WPW心電図。標準12誘導ではIII, aVFで異常Q波を認めるが, ML誘導ではQ波は小さく浅い。

IV. 考 案

運動負荷中の心電図法には、①CM 5, CC 5, NASA誘導などの胸部双極誘導¹⁾, ②Mason-Likar法などの修正12誘導法^{2),3)}, ③修正Frank法¹⁰⁾, ④胸部単極多誘導法^{4),5)}, ⑤体表面電位図法⁶⁾などがある。

胸部双極誘導法は電極数が少なく簡単で、長期間記録は安定しSN比に優れ、ST-T変化に敏感で、ST-T診断上、感度、特異度共に良好で、運動負荷心電図の他、ホルター心電図や連続監視心電図の誘導法にも広く用いられている。一方、1誘導のみでは空間的なST変化を表現するには情報が不足し、特に上下方向のST変化の判定が困難で見逃される場合がある。

ML誘導は、1966年Mason-Likarにより報告された運動負荷中心電図記録のための修正12誘導法^{2),3)}である。Well-typeの特殊電極を用い、運動中も比較的安定した記録が得られ、従来の12誘導心電図との相関が高く、同じ診断基準が適用でき

る優れた誘導法として臨床で広く普及している。ML誘導は、運動時の筋電図やドリフト障害を除く目的で、左右の上肢電極を両鎖骨下窩で三角筋の内側に鎖骨下2.0cmに装着する。左下肢電極は左肋骨下端と腸骨稜との間で左前腋窩線に装着する変法である。すなわち、両鎖骨下窩と左側腹部の3点で中心端子(Central terminal)を作成する誘導法で、胸部電極の位置はSt誘導と同じである。

MasonらはSt法とML法を比較する目的で、19例の患者につき仰臥位で心電図を記録し、各誘導のP波、QRS群、T波を比較している。St誘導とML誘導間で心電図波形はよく一致し、差はなかったとしているが、症例が正常者12例を含む19例で結論しているのは問題である。著者らの成績と同様ML誘導は12誘導よりもR/S比、T波高共にI誘導で小さく、II, III誘導で大きいことを観察しており、従って、ML誘導では平均電気軸がより垂直位となることが示唆される。胸部誘導のV₃, V₄, V₅, V₆の比較ではR/S比、T波共によく一

致したことは著者らの成績も同様である。四肢誘導波形の差が胸部誘導波形に比べて大きいのは、ML誘導が四肢電極を軀幹に移した修正誘導法であるため、当然考えられることである。

ML誘導心電図がSt誘導心電図に比べて、平均電気軸がより垂直位にあることが明らかになったが、その理論づけはモデル実験より求めた image surface^{11,11)}あるいは誘導ベクトル¹²⁾の考えを取り入れると理解し易い。すなわち、両上肢の電極が両鎖骨下窩に移ると、Iの誘導ベクトルが小さく、かつ左上りとなり、I、II、III誘導でできる三角形が上下に細長くなると考えると説明が容易である。すなわち、ML誘導ではIのQRS群が小さく、II、III、 aV_F で大きく、平均電気軸はより垂直位をとり易くなる。また、症例2のごとく、St誘導でしばしば見られるIIIの異常Q波が、ML誘導では浅くあるいは消失する例があるが、左鎖骨下窩と左側腹部で作られるIII誘導軸がより垂直位となるため、左方向へ向かう初期QRSベクトルがSt誘導のIIIではQ波となるが、ML誘導ではQ波にならないと考えられる。

胸部誘導の波形は、QRS群、ST-T波共にSt誘導とML誘導が極めてよく一致したが、ML誘導の両鎖骨下窩、左側腹部の三角形でできる中心端子の位置や大きさがSt誘導と差がなかったものと考えられる。実際、トルソモデル実験の image surface上より求めた中心端子はSt誘導、ML誘導で殆ど差を認めなかった^{11,11)}。

aV_L やIII誘導の波形ではSt誘導とML誘導の相関係数が他誘導に比し低かった。例えば、 aV_L ではSt誘導で上向き波形がML誘導で下向きになったり、IIIでは逆にSt誘導で下向きがML誘導で上向きとなる例が多く見られた。左手の電極が左鎖骨下窩に移ったため、心臓により近い左手電極に関するIIIと aV_L 誘導に大きな変化を認めたものと考ええる。また、III、 aV_L 誘導軸が心臓の電気軸と垂直方向に近いため、心電図の振れの極性が変り易いことも一因といえる。

いずれにしても、ML誘導は四肢電極の位置を修正した方法であり、心電図に波形変化を来すのは当然である。St誘導とML誘導を比較した場合、両者間で特に大きな差を認めるのは、①平均電気軸、②III、 aV_L 、 aV_F の波形、③II、III、 aV_F のQ波であり、注意を要する。一方、四肢誘導の差に

比べて胸部誘導の波形は、St誘導もML誘導も共にQRS群、R/S比、ST-T波等いずれも極めてよく一致した。特に、運動負荷心電図判定上重要視される V_4 、 V_5 、 V_6 のST-T波についてはSt誘導の判定基準をそのまま用いても問題はないと考えられる。

なお、平均電気軸は、ML誘導の方がSt誘導よりも小さな値、すなわち、より水平位となったのは僅か5例で、うち4例が -29° 以上の異常左軸偏位を示した。また -30° 以上の異常左軸偏位7例中4例がML誘導でより高度の左軸偏位を示したが、これも、I、II、III誘導ベクトルの差から理解できる。

運動負荷心電図誘導法には、修正Frank¹⁰⁾法や体表面電位図法⁹⁾がある。修正Frank法は運動中のST-T変化を空間的、ベクトル心電図的に連続分析する有用な法で診断精度の向上に役立つ。しかしX誘導は V_5 より小さくST-T変化に感度が低く、またY誘導に雑音が混入し易い問題がある。体表面電位図を用いた運動負荷心電図解析法は電極数が多く、従って、得られる情報量が豊富で運動時の心電図変化から冠動脈病変の部位や広がり の判定に有用である。しかし、運動中の雑音除去や安定した記録を得るための技術的問題があり、臨床への普及はコンピュータ導入による前処理、自動解析と共に今後の課題といえる^{7,13)}。

V. まとめ

運動負荷中の心電図検査によく用いられる修正12誘導(ML誘導)の特徴を検討する目的で、正常・異常105例について仰臥位で標準12誘導とML誘導の心電図を記録し、両誘導の各波形を自動計測し比較した。

標準12誘導とML誘導の胸部誘導はQRS群、ST-T波共によく一致したが、 aV_L 、III、 aV_F ではしばしば波形の極性が異なる例が見られ、相関係数はやや小さかった。

I、II、III誘導より求めたQRS群の平均電気軸は、一般にML誘導の方が12誘導よりも垂直位を示したが、異常左軸偏位ではML誘導より高度の左軸偏位を示す例が多かった。

運動負荷心電図検査にML誘導は臨床上有用な誘導法であるが、その特徴および標準12誘導との差を理解し、ML誘導波形の変化、特に、II、III、

aV_rのQ波や平均電気軸の評価には慎重な取り扱いが必要と考える。

〔文 献〕

- 1) Blackburn H, Taylor HI, Okamoto N, Mitchell PL, Rautaharju PM, Kerkhof AC: The exercise electrocardiogram: A systematic comparison of chest lead configurations employed for monitoring exercise. Karvonen MJ and Barry A (Ed): Physical activity and the Heart. Charles C Thomas, Springfield, Ill, 1966, 101
- 2) Mason RE, Likar I: A new system of multiple-lead exercise electrocardiography. Am Heart J 71: 196, 1966
- 3) Mason RE, Likar I, Biern RO, Ross RS: Multiple-lead exercise electrocardiography; experience in 107 normal subjects and 67 patients with angina pectoris and comparison with coronary cinearteriography in 84 patients. Circulation 36: 517, 1967
- 4) Mac Alpin RN: Correlation of the location of coronary arterial spasm with the lead distribution of ST segment elevation during variant angina. Am Heart J 99: 555, 1980
- 5) 外畑 巖: 虚血性心疾患における運動負荷心電図試験の診断精度に影響する諸因子. 水野 康編: 虚血性心疾患・診断の進歩. スズケンセンター出版部, 名古屋, 1983, 23
- 6) 安井昭三, 久保田功, 小熊正樹, 渡辺佳彦, 立木 楷: 虚血性心疾患の運動負荷体表電位図. 水野 康編: 虚血性心疾患・診断の進歩, スズケンセンター出版部, 名古屋, 1983, 1
- 7) 岡本 登: マイコン内臓型心電計による心電図解析. 臨床ME: 7, 41, 1983
- 8) 岡本 登, 金児克巳, Simonson E, Schmitt OH: 前額面平均電気軸測定法の一考察. 心臓 6: 143, 1974
- 9) Okamoto N, Kaneko K, Simonson E, Schmitt OH: Reliability of individual frontal plane axis determination. Circulation 44: 213, 1971
- 10) 岡本 登, 水野嘉子, 横井正史, 魚住善一郎, 岩塚 徹, 高橋春雄: Fank 誘導運動負荷心電図の自動解析に関する研究. 最新医学 33: 429, 1978
- 11) Frank E: The image surface of homogeneous torso. Am Heart J 47: 757, 1954
- 12) Burger HC, van Milaan JB: Heart and vector leads I, II, III. Brit Heart J 8: 157, 1946 ibid 9: 154, 1947 ibid 10: 229, 1948
- 13) 岡本 登: 心電図自動解析システム. 大道 久・他編: 病院管理とHA事例集. 技術出版, 東京, 1985, 804