

《原 著》

バイパス術前後における心機能評価： 携帯型持続心機能モニターを用いて

滝 淳一* 村守 朗* 中嶋 憲一* 分校 久志*
 谷口 充* 松成 一朗* 川筋 道雄** 利波 紀久*
 久田 欣一*

要旨 CdTe 検出器を用いた携帯型持続心機能モニター (VEST) にてバイパス術前後の運動負荷に対する心機能の経時的評価を試みた。虚血性心疾患 39 名 (男性 30 名, 女性 9 名, 平均年齢 57±8 歳, 23 例の陳旧性心筋梗塞 (OMI) を含む) を対象とした。平均バイパス数は 2.7 本であった。負荷中の EF 変化は上昇型 (A 型), 上昇下降型 (B 型), 不変型 (C 型), 下降型 (D 型) に分類された。術前 A, B, C, D 型はそれぞれ 4, 2, 12, 21 例で, 術後 18, 10, 9, 2 例へと改善を示した。安静時から最大負荷時への EF 変化 (Δ EF) および負荷後オーバーシュート (OS) への Δ EF は, それぞれ $-6.4 \pm 8.8\%$ から $5.0 \pm 7.4\%$ ($p < 0.001$), $9.9 \pm 5.2\%$ から $14.9 \pm 5.3\%$ ($p < 0.001$) へと増加し, また OS への時間も 162 ± 86 秒から 80 ± 48 秒 ($p < 0.001$) へ短縮した。術前 A, B 型と C, D 型の負荷後 EF の OS は, 前者でより早くかつ大きく上昇し, EF-OS は負荷中の心機能を反映するものと考えられた。また OMI, 非 OMI 群を比較すると, 術後 OMI 群では EF-OS までの時間は非 OMI 群と同様に改善したが, OS での EF の上昇度は有意な改善を示さず, OMI による心筋障害による EF 上昇制限が示唆された。

I. はじめに

虚血性心疾患における運動負荷心機能検査は, 診断および病態把握に重要な情報を提供してくれるのみならず, PTCA や冠動脈バイパス術後の効果判定にも不可欠の検査である。核医学領域では, 従来より運動負荷心プールシンチグラフィが広く行われてきており, 安静時から負荷時の左室駆出分画 (EF) などの各種パラメータの変化, および局所壁運動の評価が可能な, 非常に優れた方法である。しかしながら経時的な心機能変化をみるには限界があり, 特に心拍数が急激に変化する場合

には, 実用的に信頼性あるデータを得ることは困難であると思われる¹⁾, 軽量小型の検出器を備えた持続心機能モニター (いわゆる VEST) を用いることにより, より詳細な運動負荷時, 負荷後の心機能変化をとらえることが可能となる。虚血性心疾患に対する PTCA やバイパス術で, 最大運動負荷時の心機能が改善することが報告されている^{2,3)}が, その経時的な変化や負荷後回復期の変化については検討がなされていない。そこで Cadmium telluride (CdTe) 検出器を持つ VEST⁴⁾ を用い, 運動負荷開始から負荷後の回復期までの経時的心機能変化を, 冠動脈バイパス術前後において比較検討したので報告する。

II. 方 法

虚血性心疾患 39 名 (男性 30 名, 女性 9 名, 平均年齢 57±8 歳) を対象とした, 全例に冠動脈造影を施行し, 75% 以上の狭窄を有意狭窄とした結果,

* 金沢大学医学部核医学科
** 同 第一外科

受付: 3 年 6 月 17 日

最終稿受付: 3 年 8 月 13 日

別刷請求先: 金沢市宝町 13-1 (〒920)
金沢大学医学部核医学科

滝 淳一

3枝病変27例、2枝病変10例、1枝病変2例であった。陳旧性心筋梗塞(OMI)は23例に認めた。VESTによる運動負荷検査にさいしては、バイパス術(CABG)前後とも投与薬剤は継続し、また変更しなかった。

運動負荷は、仰臥位自転車エルゴメータにてCABG前および1か月後に施行した。Tc-99m 740-925 MBq(20-25 mCi)にてピロリン酸によるin vivo赤血球標識を施行した後に、患者にVEST装着用のベストを着せ、ガンマカメラにて位置を確認しながら、左前方向より左室をとらえるようにCdTe検出器をマジックテープにて固定し、下肢をペダルに乗せデータ収集を開始した。4-5分間の安静後に25Wの負荷を開始し、2分ごとに25Wずつ増量する多段階負荷を行った。負荷終了点は胸痛、0.2mV以上のST低下、高度な下肢疲労などとし、負荷終了8-10分後に下肢をペダルから降ろした。検査中は1分ごとに自動血圧計にて血圧を測定し、心電図はmodified V₅にてモニターした。

検査終了後にパソコンにてデータ解析を行った。まず50msecごとの左室容積曲線をデジタルフィルター(補遺参照)にて平滑化した後に、極大点間を1心拍と認識し、最大最小カウントより20秒ごとのEFを算出した。このときバックグラウンドは、原則として拡張末期カウントの70%(一部の症例では60-65%)とした⁴⁾。拡張末期容積(EDV)、収縮末期容積(ESV)は全て測定開始時に對する相対的な値として求め、心拍出量もEDV-ESVに心拍数を掛け同様に相対値として求めた。各種パラメータの測定項目としては、安静時から最大負荷時までのEF変化(Δ EF-Ex)、拡張末期容積変化(Δ EDV-Ex)、収縮末期容積変化(Δ ESV-Ex)、心拍出量変化(Δ CO-Ex)、さらに負荷後ほぼ全例にEFの一過性上昇、すなわちEFオーバーシュート(OS)を認めたため、これに関するものとして、安静時からEFオーバーシュートへのEF変化(Δ EF-OS)、EDV変化(Δ EDV-OS)、ESV変化(Δ ESV-OS)、CO変化(Δ CO-OS)および負荷終了からEF-OSまでの時間(T-OS)を算出した。任

意に抽出した10例での安静時4-5分間のEF変動の標準偏差は2.5%以内であり、その2倍の5%を超える変化を有意とみなして、運動負荷中のEF変化パターンを4群に分類した(Fig. 1)。すなわち、A型; 負荷開始よりEFは上昇し、最大負荷時まで5%を超えて増加を維持するもの、B型; いったんは5%を超える上昇を示すものの、最大負荷時に低下するもの、C型; 有意の変化を示さないもの(±5%以内)、D型; 負荷開始より下降し、5%を超える低下を示すものである。

各測定項目の結果は、平均±標準偏差で表示し、平均値の有意差はt検定にて行った。

III. 結 果

1. CABG前後におけるEF変化パターン (Fig. 2)

平均バイパス数は2.7本であった。術前のEF変化パターンはD型がもっとも多く21例で、ついでC型が12例、A、B型がそれぞれ4、2例であった。術後はD型のうち5例がA型に、8例がB型に、6例がC型に変わり、2例はD型のままであった。C型の12例のうち7例はA型に、2例はB型に変わり、3例はC型のままであった。A、B型はすべて術後A型を示した。OMI群の変

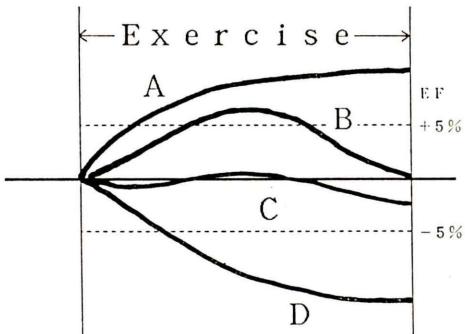


Fig. 1 Ejection fraction (EF) response pattern during exercise. Type A showed EF increase with $>5\%$ until end of exercise. Type B demonstrated initial EF increase followed by decrease. Type C showed no significant change till end of exercise (within $\pm 5\%$). Type D revealed continuous EF decrease with $>5\%$.

Pre CABG				
	A	B	C	D
Post CABG	4	2	7	5
A	4	2	7	5
B			2	8
C			3	6
D				2
	4	2	12	21

Fig. 2 Change of EF response pattern from pre bypass surgery (CABG) to post surgery.

化に関しては術前の4例がすべてA型であった以外は非OMI群と差はなかった。11例では不完全バイパスであったが、術前D型の1例のみが術後もD型にとどまったのみで、ほかはすべて改善を示した。

2. EF 変化パターン A, B 群と C, D 群との比較 (Table 1)

各パラメータを比較すると、負荷時EF, CO 変化である Δ EF-Ex, Δ CO-Ex はC, D 群で有意に低く、回復期の指標 Δ EF-OS はやはりC, D 群で有意に低く、T-OS は延長していた。

3. CABG 前後における各種パラメータの変化 (Table 2)

術前後での負荷量、最大負荷時の血圧は同等であったが、心拍数は術後軽度増加を示した。術後安静時EFは不变であったが、 Δ EDV-Exは不变で、 Δ ESV-Exは減少を示し、 Δ EF-Exは $-6.4 \pm 8.8\%$ から $5.0 \pm 7.4\%$ へと有意($p < 0.001$)に増加した。 Δ CO-Exも術後有意に増加した。 Δ EF-OSは術後有意に負荷終了後早期に起こり(T-OSは 162 ± 86 秒から 80 ± 48 秒へ短縮, $p < 0.01$), OS時の心拍数は術後高値を示した。術後 Δ EDV-OSは不变で、 Δ ESV-OSは減少し、 Δ EF-OSは $9.9 \pm 5.2\%$ から $14.9 \pm 5.3\%$ へと有意に増加した($p < 0.001$)。

4. 心筋梗塞の有無による各種パラメータの比較 (Table 3)

非OMI, OMI群間で、術前OMI群で安静時

Table 1 Cardiac function parameters before CABG in patients with type A, B vs. type C, D EF response pattern

	Type A, B	Type C, D	p
Work load (W)	65 ± 22	73 ± 24	NS
HR at peak Ex	108 ± 16	118 ± 17	NS
BP at peak Ex (mmHg)	153 ± 28	158 ± 25	NS
EF at rest (%)	42.3 ± 4.1	49.9 ± 10.0	<0.01
Δ EF-Ex (%)	3.3 ± 7.1	-8.1 ± 7.9	<0.01
Δ EDV-Ex (%)	107 ± 4.1	105 ± 5.3	NS
Δ ESV-Ex (%)	99 ± 12	122 ± 21	<0.005
Δ CO-Ex (%)	160 ± 21	132 ± 23	<0.01
HR at OS (/min)	77 ± 16	78 ± 12	NS
BP at OS (mmHg)	133 ± 23	138 ± 22	NS
Δ EF-OS (%)	13.8 ± 5.3	9.2 ± 4.9	<0.05
Δ EDV-OS (%)	101 ± 3.3	101 ± 3.6	NS
Δ ESV-OS (%)	76 ± 6.2	82 ± 9.7	NS
Δ CO-OS (%)	142 ± 21	135 ± 20	NS
T-OS (sec)	97 ± 66	174 ± 84	<0.05

HR=heart rate, Ex=exercise, BP=blood pressure, EF=ejection fraction, EDV=end-diastolic volume, ESV=end-systolic volume, CO=cardiac output, Δ EF-Ex=ejection fraction change from rest to Ex, Δ EDV-Ex=%EDV change from rest to Ex, Δ ESV-Ex=%ESV change from rest to Ex, Δ CO-Ex=%CO change from rest to Ex, OS=EF overshoot, Δ EF-OS=EF change from rest to OS, Δ EDV-OS=%EDV change from rest to OS, Δ ESV-OS=%ESV change from rest to OS, Δ CO-OS=%CO change from rest to OS, T-OS=time from end of Ex to OS

Table 2 Cardiac function parameters before and after CABG

	Pre CABG	Post CABG	p
Work load (W)	72 ± 23	73 ± 22	NS
HR at peak Ex	107 ± 18	116 ± 17	<0.05
BP at peak Ex (mmHg)	157 ± 25	162 ± 25	NS
EF at rest (%)	48.7 ± 9.7	50.2 ± 8.6	NS
Δ EF-Ex (%)	-6.4 ± 8.8	5.0 ± 7.4	<0.001
Δ EDV-Ex (%)	105 ± 5.2	103 ± 4.5	NS
Δ ESV-Ex (%)	119 ± 21	93 ± 15	<0.001
Δ CO-Ex (%)	136 ± 24	163 ± 21	<0.001
HR at OS (/min)	78 ± 12	96 ± 13	<0.001
BP at OS (mmHg)	137 ± 22	135 ± 22	NS
Δ EF-OS (%)	9.9 ± 5.2	14.9 ± 5.3	<0.001
Δ EDV-OS (%)	101 ± 3.5	101 ± 3.7	NS
Δ ESV-OS (%)	81 ± 9.4	72 ± 13	<0.001
Δ CO-OS (%)	136 ± 20	158 ± 19	<0.001
T-OS (sec)	162 ± 86	80 ± 48	<0.001

Abbreviations are shown in Table 1

Table 3 Cardiac function parameters before and after CABG in patients with OMI and without OMI

	Without OMI (n=16)		With OMI (n=23)	
	Pre CABG	Post CABG	Pre CABG	Post CABG
Work load (W)	66±26	72±26	76±21	73±19
HR-Ex (/min)	104±16	115±16	108±20	116±18
BP-Ex (mmHg)	164±30	165±29	153±20	160±22
EF at rest (%)	53.1±8.6*	51.8±7.8	45.7±9.4*	49.1±9.2
ΔEF-Ex (%)	-8.8±6.1	—***—	6.2±8.3	-4.7±10
ΔEDV-Ex (%)	105±4.7	—***—	103±4.2	105±5.6
ΔESV-Ex (%)	124±17	—***—	91±17	115±23
ΔCO-Ex (%)	133±17	—***—	167±22	138±28
HR-OS (/min)	75±11	—***—	93±9	80±13
BP-OS (mmHg)	142±22	—***—	136±25	133±21
ΔEF-OS (%)	8.6±2.8	—***—	16.1±6.1	10.9±6.3
ΔEDV-OS (%)	100±2.4	—***—	101±1.8	101±4.1
ΔESV-OS (%)	82±5.1	—**—	70±13	80±12
ΔCO-OS (%)	129±17	—***—	158±18	141±20
T-OS (sec)	164±58	—***—	79±37	161±102
				— ** —
				160±21
				94±14
				140±4.6
				104±4.9
				102±4.6
				73±13
				158±20
				80±55

Abbreviations are shown in Table 1

OMI=old myocardial infarction

— ** — = $p < 0.005$ between pre and post CABG, — *** — = $p < 0.001$ between pre and post CABG,

—****— = $p < 0.01$ between pre and post CABG, * = $p < 0.05$ between without and with OMI at pre CABG

EF が $45.7 \pm 9.4\%$ と非 OMI 群の $53.1 \pm 8.6\%$ に比べ低い ($p < 0.05$) 以外は各パラメータは同等であった。術後両群とも Δ EDV-Ex は不变で、 Δ ESV-Ex は減少し、 Δ EF-Ex, Δ CO-Ex は両群ともに改善したが、非 OMI 群でやや改善度合が大きかった。T-OS は両群とも術後短縮し、OS 時の心拍数は上昇した。術後非 OMI 群で Δ EF-OS は有意に ($p < 0.001$) 上昇し、 Δ ESV-OS は減少 ($p < 0.005$) したが、OMI 群では同様な傾向を示したものの有意な変化を示さなかった。

5. 症例呈示 (Fig. 3)

55歳、男性、3か月前よりときどき心下部痛を訴え、狭心症を疑われ入院精査となった。冠動脈造影では左前下行枝の閉塞 (segment 7) を認め、末梢に右冠動脈より側副血行を認めた。術前の運動負荷検査では、Fig. 3A に示すように (各点は20秒間の測定値を示す)、EF は安静時平均 59% が負荷時 50% まで低下し (EF 低下が胸痛に先行している)、負荷終了とともに EF-OS を示し、160

秒でプラトーに達し以後徐々に低下した。左前下行枝、segment 8 にバイパス術が行われた後のVEST (Fig. 3B) では、EF は 58% から最大負荷時 79% まで増加した。負荷後 20秒でプラトーに達し以後徐々に低下し、負荷中負荷後の心機能の改善が示された。

IV. 考 察

今回われわれが用いた VEST 装置は、CdTe 検出器を備えたものである⁴⁾。これに対して欧米で普及している VEST 装置は、NaI シンチレータに平行孔コリメータを装着したものである^{5~7)}。したがって NaI-VEST の場合は、ガンマカメラによるイメージ上に円形の関心領域を設定したと同様のカウントデータが得られると考えられる。一方、CdTe-VEST は小型であるがゆえに平行孔コリメータの装着は不可能で、円筒型コリメータを使用しており、以前の CdTe 検出器の検討での等感度曲線に示されるように、深さ方向に対して

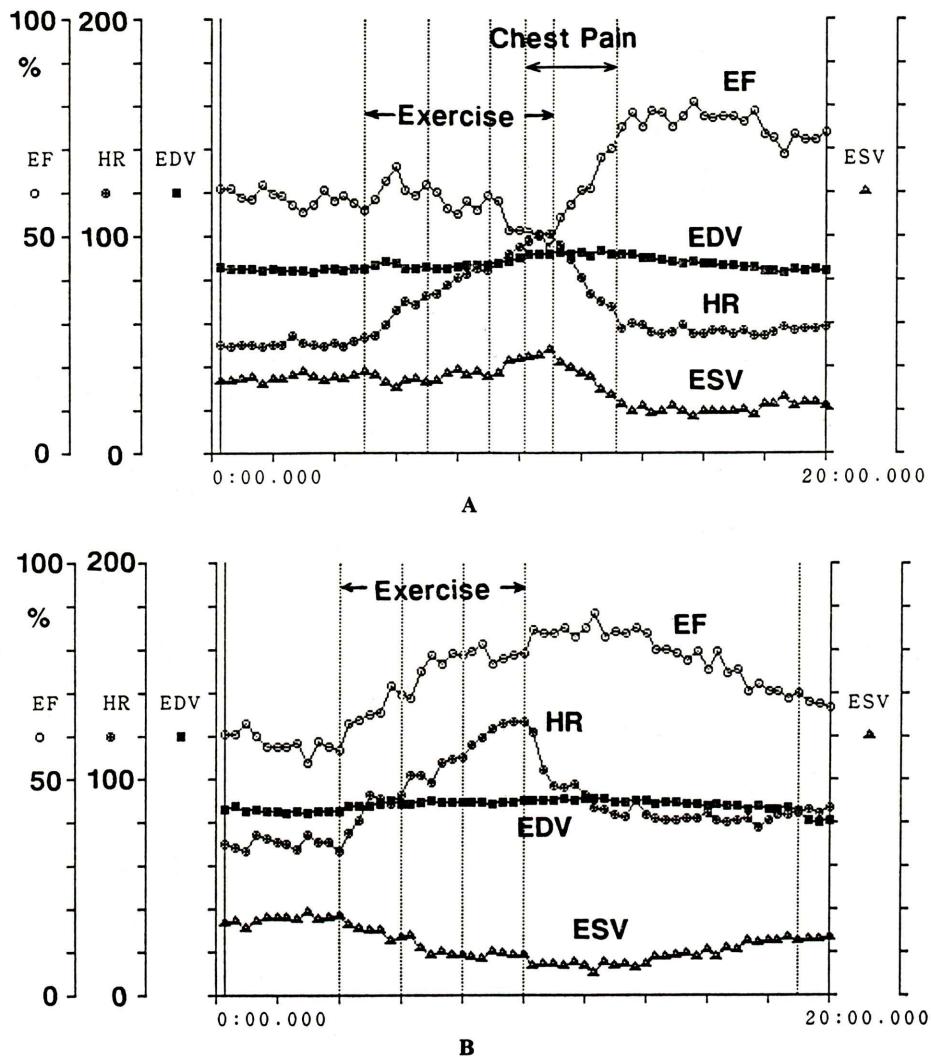


Fig. 3 A: Fifty-five-year-old male with left anterior descending coronary artery (LAD) obstruction. During exercise EF gradually decreased and chest pain occurred. After exercise EF increased over baseline, showing EF overshoot. B: After coronary artery bypass surgery to LAD, EF increased dramatically during exercise followed quicker EF overshoot than pre bypass surgery.

カウント効率の低下を認める⁴⁾。これにより、NaI-VEST に比べ深部のカウントは過小評価されると考えられる。このことは常に CdTe-VEST を使用するさい念頭におくべきであるが、臨床使用上は EF などのパラメータは信頼性に特に問題はないと考えられる⁴⁾。

運動負荷中の EF 反応パターンは、正常型と考えられる A 型から、明らかに異常と考えられる D 型まで種々の形態を示した。この中で B 型、すなわちいったんは EF の有意な上昇を示した後、負荷量の増大とともに EF の低下を示すものがみられた。これは必ずしも異常反応ではなく、正常

者でも観察されると報告されている。すなわち Slutsky ら⁸⁾は、平衡時心プールシンチグラフィにて正常者10名のうち4例が最大負荷以前にEFのピークを観察し、Flamm ら⁹⁾は、正常者で最大負荷の50%の負荷でEFがピークを示したとしている。いずれの報告でも最大負荷でのEFは安静時のそれより高く、最大負荷時EFがB型を評価するさいの参考になると思われるが、玉木らの報告のように、正常者でも安静時EFを下回ることがあり、より詳細な検討が必要と考えられる¹⁰⁾。少なくともB型はいったんはEFの上昇を示すので、C, D型に比べると機能的に保たれていると考えられる。CABG前後のEF変化パターンをみると、術前は85%(39例中33例)がC, D型を示すが、術後はA, B型が72%(39例中28例)と明らかに改善を示し、しかもB型の10例のうち8例は最大負荷時のEFは安静時より高値を示しており、バイパスによる虚血の改善が示唆された^{11,12)}。

回復期のEFの一過性上昇すなわちEFオーバーシュート(OS)は、以前より指摘されているが^{9,10,13~15)}、これを現す指標としてわれわれは安静時からOSまでのEF変化を用いた。これは運動負荷による左心機能をも加味しており、臨床的に有用である¹⁵⁾と考えられたこと、安静時に対する負荷後回復期の壁運動の改善が、バイパス術後の壁運動の改善の指標になるとの報告¹⁶⁾より、安静時を基準とするのが妥当と思われたからである。一方、最大負荷時からOSまでのEF変化を採用すると、負荷時のEF低下が著しい例であればあるほど、安静時へのEF回復が大きくなり、これがΔEF-OSへ加算されるためΔEF-OSが大きく評価されてしまう。実際にこの指標(最大負荷時からOSへのΔEF)を術前のA, BとC, D群で比較すると、 $10.5 \pm 4.6\%$ 対 $17.3 \pm 6.7\%$ となり、C, D群でOSが大きくなってしまう。EFのオーバーシュートは、EDVが負荷前値へ回復しESVが減少することによりもたらされていることが示された。この機序として、負荷終了による下肢筋肉静脈ポンプ作用による静脈還流の低下の

ための心室拡張減少によるEDVの減少、負荷中負荷後のカテコールアミンにより刺激された心筋収縮の持続および血圧の低下によるさらなるESVの減少によるものと推測された^{9,14,15)}。術前のA, B群とC, D群を比較すると、負荷時EF低下の強いC, D群でΔEF-OSは低く、しかもT-OSが延長していることが示されたが、これは負荷時の左心機能障害が強いものほどEFオーバーシュートが低く、かつ遅れると考えられる^{13,15)}。これは術後左心機能の改善とともに、EF-OSはより早期に、より大きくなつたことでも裏づけられたと考えられた。

OMI群と非OMI群との比較では、いずれもΔEF-ExはΔESV-Exの減少により術後上昇し、虚血の改善による運動負荷時の心機能の改善を示したものと考えられた。しかしながら、術後ΔEF-OSはT-OSに両群間の差はないにもかかわらず、OMI群で有意の上昇を認めなかった。これは虚血の改善によりOSまでの時間は短縮改善したもの、残存心筋が非OMIに比べて少ないために、EFの上昇が制限された可能性が示唆された。

V. 結 語

CdTe検出器を用いた携帯型持続心機能モニター(VEST)にて、バイパス術前後の運動負荷に対する心機能の評価を試みた。その結果、負荷中のEF変化パターンは、術前A, B, C, D型がそれぞれ4, 2, 12, 21例から、術後18, 10, 9, 2例へと改善を示した。術前負荷中のEF上昇を示す群と示さない群では、負荷後EFオーバーシュート(EF-OS)は前者でより早くかつ大きく上昇した。術後は負荷中のEF変化パターンおよび最大負荷時EF変化の改善とともに負荷後EF-OSはより早期に起こり、かつその上昇度も改善を示した。以上、EF-OSは負荷中の心機能を反映するものと考えられた。またOMI、非OMI群を比較すると、術後OMI群ではEF-OSまでの時間は非OMI群と同様に改善したが、EFの上昇度は有意な改善を示さず、OMIによる心筋喪失によるEF

上昇制限が示唆された。

VI. 捕 遺

デジタルフィルターの詳細は、データ列を d_j 重み計数列を $W_i (i=0 \sim 9)$ とした時、データ列中の任意の点について $d_j = \sum_{i=-9}^9 d_{j+i} \cdot W_{|i|}$ の処理を行う。ただし W_1 は

$$W_0 = 3.74850 \times 10^{-1}$$

$$W_1 = 2.89657 \times 10^{-1}$$

$$W_2 = 1.05953 \times 10^{-1}$$

$$W_3 = -3.56669 \times 10^{-2}$$

$$W_4 = -6.26503 \times 10^{-2}$$

$$W_5 = -1.67247 \times 10^{-2}$$

$$W_6 = 2.10703 \times 10^{-2}$$

$$W_7 = 1.86683 \times 10^{-2}$$

$$W_8 = -1.50345 \times 10^{-4}$$

$$W_9 = -7.58130 \times 10^{-3}$$
 である。

このフィルターにより 2.5 Hz すなわち心拍数 150 までは EF 過小評価がなく、3.5 Hz すなわち心拍数 210 まで 3 点スムージングに比較し、EF 過小評価が抑えられる特性を有している。

文 献

- 1) Pfisterer ME, Ricci DR, Schuler G, et al: Validity of left-ventricular ejection fractions measured at rest and peak exercise by equilibrium radionuclide angiography using short acquisition times. *J Nucl Med* **20**: 484-490, 1979
- 2) Kent KM, Borer JS, Green MV, et al: Effects of coronary-artery bypass on global and regional left ventricular function during exercise. *N Engl J Med* **298**: 1434-1439, 1978
- 3) Kent KM, Bonow RO, Rosing DR, et al: Improved myocardial function during exercise after successful percutaneous transluminal coronary angioplasty. *N Engl J Med* **306**: 441-446, 1982
- 4) 滝 淳一, 村守 朗, 中嶋 憲一, 他: Cadmium telluride 検出器を用いた携帯型持続心機能モニター (VEST) の基礎的検討. *核医学* **28**: 371-379, 1991
- 5) Tamaki N, Gill JB, Moore RH, et al: Cardiac response to daily activities and exercise in normal subjects assessed by an ambulatory ventricular function monitor. *Am J Cardiol* **59**: 1164-1169, 1987
- 6) Tamaki N, Yasuda T, Moore RH, et al: Continuous monitoring of left ventricular function by an ambulatory radionuclide detector in patients with coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* **12**: 669-679, 1988
- 7) Taki J, Yasuda T, Tamaki N, et al: Temporal relation between left ventricular dysfunction and chest pain in coronary artery disease during activities of daily living. *Am J Cardiol* **66**: 1455-1458, 1990
- 8) Slutsky R, Karliner J, Ricci D, et al: Response of left ventricular volume to exercise in man assessed by radionuclide equilibrium angiography. *Circulation* **60**: 565-571, 1979
- 9) Flamm SD, Taki J, Moore BS, et al: Redistribution of regional and organ blood volume and effect on cardiac function in relation to upright exercise intensity in healthy human subjects. *Circulation* **81**: 1550-1559, 1990
- 10) 玉木長良, Mohiuddin IH, 大草知子, 他: 携帯用 RI 心機能モニター (VEST) による運動負荷時および負荷後の心機能の経時的变化の検討. *核医学* **26**: 399-408, 1989
- 11) Kent KM, Borer JS, Green MV, et al: Effects of coronary artery bypass on global and regional left ventricular function during exercise. *N Engl J Med* **298**: 1434-1439, 1978
- 12) Brundage BH, Massile BM, Botvinick EH: Improved regional ventricular function after successful surgical revascularization. *J Am Coll Cardiol* **3**: 902-908, 1984
- 13) Schneider RM, Weintraub WS, Klein LW, et al: Rate of left ventricular functional recovery by radionuclide angiography after exercise in coronary artery disease. *Am J Cardiol* **57**: 927-932, 1986
- 14) Plotnick GD, Becker LC, Fisher ML: Changes in left ventricular function during recovery from upright bicycle exercise in normal persons and patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **58**: 247-251, 1986
- 15) 今井嘉門, 荒木康史, 西尾祐香里, 他: 虚血性心疾患患者における、運動負荷終了後の回復早期の心駆出率のオーバーシュート現象の特徴に関して. *核医学* **26**: 1429-1437, 1989
- 16) Rozansky A, Berman D, Gray R, et al: Preoperative prediction of reversible myocardial asynergy by postexercise radionuclide ventriculography. *N Engl J Med* **307**: 212-216, 1982

Summary

Cardiac Response to Exercise before and after Coronary Artery Bypass Grafting: Evaluation by Continuous Ventricular Function Monitor

Junichi TAKI*, Akira MURAMORI*, Kenichi NAKAJIMA*, Hisashi BUNKO*,
 Mitsuru TANIGUCHI*, Ichiro MATSUNARI*, Michio KAWASUJI**,
 Norihisa TONAMI* and Kinichi HISADA*

*Department of Nuclear Medicine, **Second Department of Surgery,
 Kanazawa University School of Medicine, Kanazawa

Cardiac response to exercise was evaluated with continuous ventricular function monitor (VEST) with cadmium telluride detector. Thirty-nine patients (30 male and 9 female, aged 57 ± 8 , 23 had old myocardial infarction) were monitored with VEST during and after supine ergometer exercise before and 4 weeks after coronary artery bypass grafting (CABG). Left ventricular ejection fraction (EF) responses were classified into 4 types; type A showed EF increase $>5\%$ till end of exercise, type B demonstrated initial increase followed by decrease in EF, type C revealed no significant EF change, type D showed continuous EF decrease. Before CABG, each EF response type A, B, C, and D consisted of 4, 2, 12, 21 patients respectively and after CABG each type included 18, 10, 9, 2. The EF change from rest to peak exercise (Δ EF-Ex) improved from $-6.4 \pm$

8.8% to $5.0 \pm 7.4\%$ ($p < 0.001$) after CABG. All patients showed rapid EF increase after exercise or "EF overshoot" (EF-OS). After CABG, the EF change from rest to EF-OS (Δ EF-OS) and time to EF-OS (T-OS) were improved from $9.9 \pm 5.2\%$ to $14.9 \pm 5.3\%$ ($p < 0.001$) and 162 ± 86 sec to 80 ± 48 sec ($p < 0.001$) respectively. Type A, B patients showed higher Δ EF-OS and shorter T-OS than type C, D patients, suggesting EF overshoot was contingent upon cardiac function during exercise. After CABG, in patients with myocardial infarction, T-OS shortened but Δ EF-OS showed less improvement than patients without infarction, suggesting loss of myocardium hampered EF-OS.

Key words: Ambulatory ventricular function monitor, Coronary artery bypass grafting, Left ventricular function, Ischemic heart disease.