

心臓核医学検査時の運動負荷に 対する循環反応について

華 英* 金川 克子** 高山 輝彦*** 久田 欣一****

The physical response to the exertional load
during cardionuclear medical examination.

Hao Ying* Katsuko Kanagawa**
Teruhiko Takayama*** Kinichi Hisada****

Summary

The physical response to the exertional load using an ergometer during a cardionuclear medical examination was estimated in 87 patients with ischemic heart disease. Twenty-three patients (26%) had a systolic blood pressure (SBP) of more than 200mmHg post-load and 65 patients (75%) had a heart rate (HR) of more than 100/min. In the time-SBP curves, 45 patients (52%) showed A type with a steady increase of SBP. A type was confirmed in 63% of patients in the post-operative state, such as CABG and PTCA, and was considered to represent a good cardiac response. The E type with a slight change following the increase of SBP and the F type with a steady decrease of SBP seemed to represent a poor cardiac response. The regression formula $Y=0.84X+63$ for SBP was derived when X is SBP at pre-load and Y is SBP at post-load, while $Y=0.68X+70$ for HR when X is HR at pre-load and Y is HR at post-load. These formulae may be used to estimate the maximum value of SBP and HR at post-load before starting the examination. In 39% of cases, the ischemic change was confirmed on the electric cardiograms (ECG). No significant difference of SBP, HR, and PRP (Pressure-rate-product) was seen between groups with and without ischemic changes on ECG. The completion of the load test was determined by leg fatigue (67%), chest oppression (15%), pale face (13%) and so on. We experienced a case, in which immediately before the examination, the appearance of a Q wave on ECG with a suspicion of the occurrence of an acute myocardial infarction prevented the load test. Therefore, it seems to be more important to prepare emergency drugs and the defibrillator and to continue monitoring our patient and his ECG.

はじめに

核医学検査は侵襲性が少なく、形態的評価よりも機能的評価の点で優れており、心臓核医学

検査は、心疾患の診断や治療効果の判定に欠かせない検査とされている¹⁾²⁾。通常は安静時に行われるが、狭心症の場合、安静時の心筋血流や

* 看護学科研究生 (中華人民共和国)
** 看護学科
*** 診療放射線技術学科
**** 金沢大学医学部核医学診療科

Table 1. The frequency of ST change.

* \ **	A.P.	O.M.I.	P.O.	Other	Total
No ST change	16 (10)	9 (0)	15 (2)	13 (4)	53 (16)
ST depression 0.5 mm	1 (1)	2 (1)	1 (1)	1 (0)	5 (3)
1 mm	7 (1)	2 (0)	1 (0)	4 (2)	14 (3)
2 mm	4 (0)	2 (0)	1 (0)	2 (1)	9 (1)
3 mm	2 (1)	0	0	1 (1)	3 (2)
deep	1 (1)	1 (1)	0	0	2 (2)
ST elevation 1 mm	0	0	1 (0)	0	1 (0)
Total	31 (14)	16 (2)	19 (3)	21 (8)	87 (27)

* : ECG finding
** : Clinical diagnosis

Total (Female)

A.P. : Angina pectoris
O.M.I. : Old myocardial infarction
P.O. : Post operation

壁運動は正常のことが多く、負荷により心筋虚血が生じ壁運動異常が誘発されるため、負荷をかけても行われる。負荷としては薬剤³⁾のほか、エルゴメータなどによる運動⁴⁾が用いられる。これまでに運動負荷の有用性について、臨床核医学の立場から検討された報告⁵⁾はみられるが、看護の立場から検討された報告はみられない。しかし、核医学検査時に看護婦のはたす役割はきわめて大きく、核医学一般に対する理解と同時に負荷時の症状などについて理解を深めることが重要である。今回、虚血性心疾患の患者を対象に、血圧や心拍数などの循環指標が運動負荷によりどのように反応するかを検討した。

対象と方法

1 対象：金沢大学医学部附属病院核医学診療科で負荷心筋シンチグラフィを受けた65例と負荷心プールシンチグラフィを受けた22例を対象とした。両者とも施行した場合には、先に施行した検査の方を対象とした。対象者の年齢は、19歳-78歳（平均58.3±10.7歳）であり、50歳以上69歳以下の対象者が70%を占めた。臨床診断は、狭心症、陳旧性心筋梗塞、手術後、その他の4種類に分類した（表1）。男性手術後16例の内訳は、CABG (Coronary Artery Bypass Graft) 後13例、PTCA (Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty) 後3例であり、女性手術後3例はいずれもPTCA後であった。男性のその他13例には、心筋症5例、動脈硬化

症4例、弁膜症2例が含まれ、女性のその他8例には、弁膜症3例、心筋症1例が含まれた。

2 方法

負荷心筋シンチグラフィと負荷心プールシンチグラフィとでは、使用する放射性医薬品は異なるが運動負荷のかけ方は同一であるため、両者を一括して扱った。

負荷のかけ方は、仰臥位にて自転車エルゴメータにより25 W の負荷より開始し、その後2分毎に25 W ずつ漸増する多段階漸増法を用いた。血圧、心拍数、心電図波形は、監視装置により検査終了時まで監視し、1分毎に記録した。

統計検定には Student t test を用い、 $P < 0.05$ を有意とした。数値は、平均値±標準偏差で表した。

結 果

1 血圧の変化

(1) 収縮期血圧

負荷前、139 mmHg 以下の症例は、87例中54例にみられた（表2 A）。このうち12例は負荷後も139 mmHg 以下を示し、13例は140以上159 mmHg 以下を、29例は160 mmHg 以上を示した。負荷前、140以上159 mmHg 以下の20例中3例は、負荷後も140以上159 mmHg 以下を示し、17例は160 mmHg 以上を示した。負荷前、160 mmHg 以上の13例は負荷後も160 mmHg 以上を示した。つまり、負荷後では87例中59例が160 mmHg 以上を示し、23例は200 mmHg 以上を示した。最

Table 2. Classification due to the change of SBP and DBP with load.

(A) SBP

* \ **	≤ 139	140-159	160 ≤	Total
≤ 139	12 (5)	13 (4)	29 (7)	54 (16)
140 - 159	0	3 (0)	17 (7)	20 (7)
160 ≤	0	0	13 (4)	13 (4)
Total	12 (5)	16 (4)	59 (18)	87 (27)

(B) DBP

* \ **	≤ 89	90-94	95 ≤	Total
≤ 89	35 (9)	7 (2)	38 (11)	80 (22)
90 - 94	0	1 (1)	3 (1)	4 (2)
95 ≤	0	1 (1)	2 (2)	3 (3)
Total	35 (9)	9 (4)	43 (14)	87 (27)

Total (Female)

SBP : Systolic blood pressure
 DBP : Diastolic blood pressure
 * : BP at pre-load (mmHg)
 ** : BP at post-load (mmHg)

高値は249 mmHgであった。負荷前の収縮期血圧 (x) と負荷後の収縮期血圧 (y) は、相関係数0.58で相関し、回帰直線

$$y = 0.84x + 63 \dots\dots\dots(1)$$

が得られた (図1)。

負荷開始後の収縮期血圧の変化 (時間-収縮期血圧曲線) を形態により分類した (表3)。その結果、45例は単調増加するA型を示し、13例はC型やD型を、6例はE型やF型を示した。手術後の19例中12例は、A型を示した。負荷の前後で共に139 mmHg以下を示す12例の内訳は、A型3例、B型4例、D型1例、E型2例、F型2例であった。

(2) 拡張期血圧 (表2B)

負荷前、89 mmHg以下の80例中35例は負荷後も89 mmHg以下を示し、7例は90以上

94 mmHg以下を、38例は95 mmHg以上を示した。負荷後では87例中43例が95 mmHg以上を示し、29例は100 mmHg以上を示した。最高値は138 mmHgであった。負荷前後の拡張期血圧は、相関係数0.54で相関した。

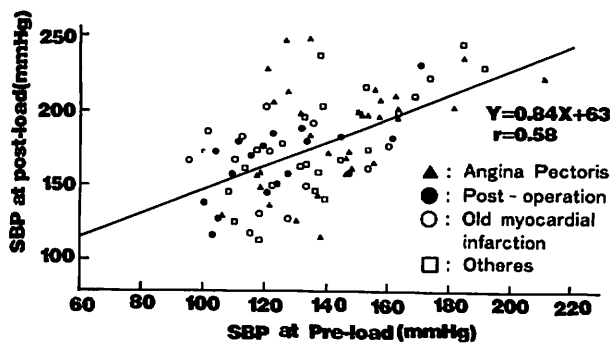


Fig. 1. The relation of SBP between pre-load and post-load.

(3) 収縮期血圧と拡張期血圧の関係

収縮期血圧と拡張期血圧は、負荷前では相関係数0.55で、負荷後では0.64で相関した。負荷前後の脈圧は、相関係数0.58で相関した。

2 心拍数の変化

負荷前、心拍数毎分79以下の82例中8例は負荷後も毎分79以下を示し、74例は毎分80以上の心拍数を示した。負荷後には87例中65例が毎分100以上の心拍数を示し、4例は毎分150以上を示した。最高値は、毎分210であった。負荷前の心拍数(X)と負荷後の心拍数(Y)は、相関係数0.32で相関し、回帰直線

$Y = 0.68X + 70 \dots (2)$ が得られた。不整脈は7例にみられた。負荷開始後の心拍数の変化を形態により分類すると、A型72例、B型0例、C型7例、E型7例みられ、1例は負荷初期から心拍数が毎分130でほとんど変化を示さなかった。

3 血圧と心拍数の関係

(1) 収縮期血圧と心拍数

負荷前の心拍数(図2A)は、毎分60ないし79のものが60例を占め、収縮期血圧と心拍数は相関しなかった。負荷後(図2B)では両者は相関係数0.41で相関し、収縮期血圧の増加につれて心拍数は増加する傾向を示した。

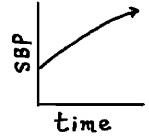


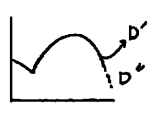

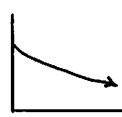
(2) 拡張期血圧と心拍数

拡張期血圧と心拍数は、負荷前には相関しなかったが、負荷後では相関係数0.55で相関した。

4 PRP

負荷に対する循環反応の指標として、次式で

Table 3. Classification due to time-SBP curves.

	Type		Case (%)
A	increases steadily .		45 (51.7)
B	increases following initial transient decrease .		21 (24.1)
B'	slightly decrease		11 (12.6)
B''	fairly "		10 (11.5)
C	shows maximum value .		10 (11.5)
C'	with one peak		7 (8.0)
C''	with two peak		3 (3.5)
D	shows maximum value following initial decrease .		5 (5.8)
D'	with rise again .		2 (2.3)
D''	without rise again .		3 (3.5)
E	slight change following following increase		4 (4.6)
F	decreases steadily .		2 (2.3)

示される PRP (Pressure - Rate - Product) が用いられる。

(PRP) = (収縮期血圧) * (心拍数) …(3)
 収縮期血圧と PRP は、負荷前(図3A)では相関係数0.72で、負荷後(図3B)では0.81で相関した。拡張期血圧と PRP の相関係数は、負荷前では0.47であり、負荷後では0.70と高い相関を示した。心拍数と PRP の相関係数は、負荷前では0.63であり、負荷後では0.85を示した。負荷前後の PRP は、相関係数0.35を示した。PRP の最高値は、 $35.6 * 10^3$ であった。

5 心電図の変化

87例中34例(男性23例,女性11例)は,心電図上ST変化を示した(表1)。ST変化は,A型からF型のいずれの型にもみられた。手術後ではCABG後の13例中2例とPTCA後の6例中2例がST変化を示した。ST変化を示す群と示さない群にわけて,各指標を比較したが,有意差はみられなかった(表4)。

6 負荷量

(1) 負荷量と血圧,心拍数の関係

全体の平均負荷量は,68.8±24.3 Wを示した。男性60例の平均負荷量72.5±22.7 Wと女性27例の平均負荷量54.5±22.1 Wの間には,有意差はみられないが,女性では少ない負荷量を示した。負荷量と各指標は,いずれも相関を示さなかった。負荷量とPRPの増加量とは相関係数0.52で相関し,負荷量の増加につれてPRPは増加した。

(2) 負荷終了の理由

72例は,50ないし100 Wの負荷量を示した。負荷終了の理由(表5)は,leg fatigueが58例と最も多く,13例は胸痛,胸部不快感などの胸部症状を,11例は顔面蒼白を示したことによる。

7 手術による変化

手術の影響を検討するために,CABG後の13例中5例について手術前後の検査結果を比較した。手術後の収縮期血圧は,5例中4例が手術前に比べて増加し,心拍数およびPRPは5例全例が増加を示した(図4)。手術前の曲線にはA型,B''型,F型各1例,C''型2例がみられ,手術後では全例がA型を示した。

(症例) 67歳,男性,狭心症

手術前の50 Wの負荷検査では,心電図上1 mmのST以下を示し,胸痛のため負荷を中止した。手術(CABG)後ではST低下や胸痛はみられず,leg fatigueにより負荷を終了した。手術前の収縮期血圧は,負荷の増加にしたがい128→127

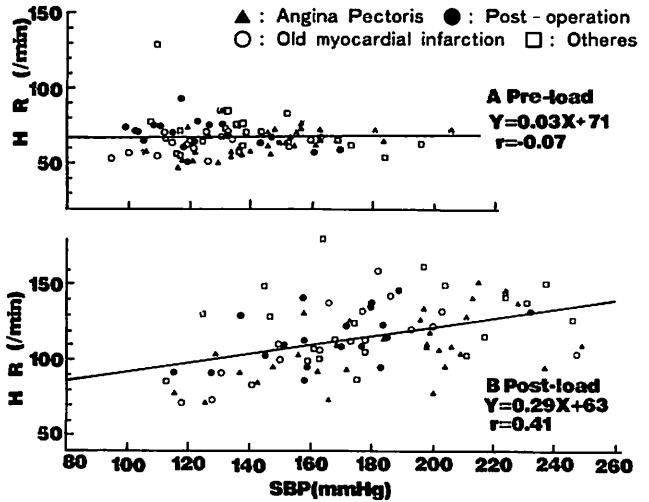


Fig. 2. The relation between SBP and HR at pre-load (A) and post-load (B).

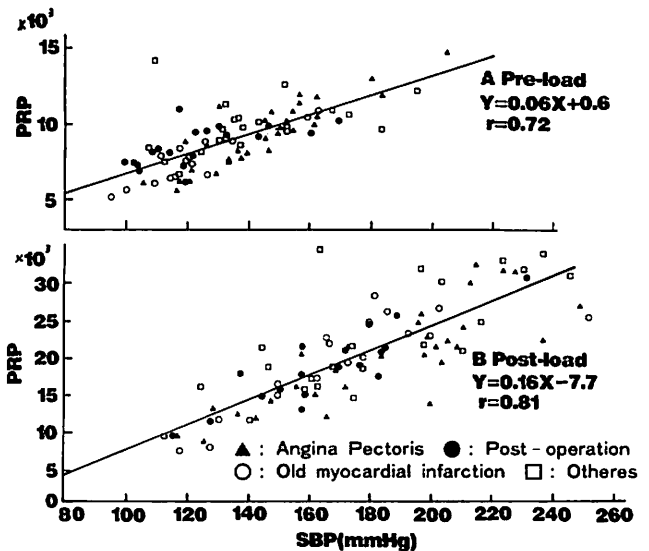


Fig. 3. The relation between SBP and PRP at pre-load (A) and post-load (B).

→124→112 mmHgと低下してF型を示し,手術後では100→113→131→139 mmHgと増加してA型を示した。

考 察

心臓核医学における負荷試験の有用性は,広く認められており,一般に負荷心筋シンチグラフィによる冠動脈疾患の検出率は,負荷心電図よりも高いとされている¹⁾。このような心臓核医

Table 4. Comparison of each parameter between with and without ST change.

Each parameter	ST change (-)	ST change (+)
No of cases	53	34
End point of load (V)	69.6 ± 26.0	69.0 ± 20.5
Pre - SBP (mmHg)	132.7 ± 19.2	140.6 ± 27.3
Post - SBP (mmHg)	175.2 ± 33.1	180.0 ± 34.2
Pre - DBP (mmHg)	75.6 ± 12.1	72.7 ± 13.3
Post - DBP (mmHg)	92.2 ± 16.0	93.7 ± 14.7
Pre - HR (/min)	67.9 ± 12.0	65.2 ± 9.6
Post - HR (/min)	113.0 ± 22.7	118.4 ± 25.6
Pre - PRP (#10 ⁻³)	8.9 ± 1.7	9.2 ± 2.3
Post - PRP (#10 ⁻³)	19.9 ± 6.4	21.4 ± 6.7
Increment of SBP (mmHg)	43.2 ± 29.9	40.3 ± 22.6
Increment of HR (/min)	45.1 ± 22.7	51.3 ± 23.9

Mean ± deviation

Table 5. Symptoms at the completion of load test.

Symptoms	Male	Female	Total
Leg fatigue	40	18	58
Chest pain	8	5	13
Pale face	9	2	11
No sign	3	2	5
Total	60	27	87

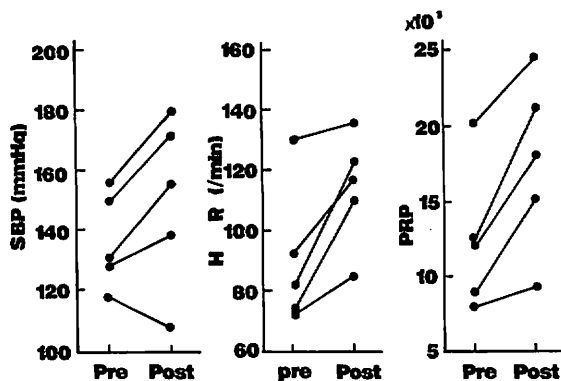


Fig. 4. The change of SBP, HR and PRP due to the operation.

学の有用性にもかかわらず、看護の立場からは負荷に対する循環反応について検討されていない。

本研究では、一般には負荷により血圧、心拍数は増加した。時間-収縮期血圧曲線による分類では、52%が単調増加するA型を示した。負荷開始直後に収縮期血圧の一時低下を示すB型やD型が30%にみられた。これは検査前の緊張からの解放などによるものであり、病的反応ではないと思われた。また、負荷最大時に収縮期血圧が最大値以下の低下を示すC型やD型および負荷により収縮期血圧が変化を示さないE型や低下するF型などが22%にみられた。このような症例のうち特にE型やF型は循環反応不良を示したものと考えられる。一方、A型は手術例の63%でみられ、手術前のC型やF型が手術後にA型を示すことから、循環反応良好を示し

たものとする。以上のことから、心機能評価として心拍数、駆出率などの指標による定量的評価法が優れているが、時間-収縮期血圧曲線によってもおおまかには評価しうることが示唆された。

各指標の相互関係の検討では、収縮期血圧、心拍数、およびPRPについては負荷前後で必ずしも相関は示さなかった。PRPは、収縮期血圧、心拍数と相関し、負荷前よりも負荷後で高い相関を示した。PRPと拡張期血圧は、負荷前ではわずかに相関し、負荷後には高い相関を示した。一方、負荷前のPRPと負荷量について高い相関はみられないことから、負荷前のPRPから負荷量を推定することはできないと思われる。心電図上39%はST変化を示したが、ST変化を示す群と示さない群で血圧、心拍数および負荷量に有意差はみられなかった。これは個人差の大き

い症例を一括して扱ったために標準偏差が大きくなったことによると考えられる。手術例5例について手術前後の検査結果を比較すると、手術前の血圧、心拍数に比べ手術後では血圧、心拍数の増加を示した。収縮期血圧に対する $y = 0.84x + 63$ 、心拍数に対する $Y = 0.68X + 70$ の回帰直線は、負荷前に負荷後のおよその値を予測するのに役立つものと思われる。不整脈は、8%の症例にみられた。今回の対象には、負荷前後でRR間隔が一定でなく、負荷中のみ一定の心拍数を示す例が含まれた。心臓核医学のデータは、心電図と同期して収集されR波を目印に処理される。RR間隔の変動は、駆出率など心機能評価の指標の値を不正確なものとするため、不整脈の有無は非常に重要である。負荷前に不整脈がみられても、この症例のように負荷中には一定心拍数を示す例もあり、注意深く監視することの重要性が再認識された。通常、負荷終了の目安は、胸痛などの自覚症状、疲労の出現、心電図上の1mm以上のST低下、PRP 25×10^3 以上とされている¹⁾。本研究における負荷終了の理由は、leg fatigueが67%と最も多く、胸部症状15%、顔面蒼白13%などもみられた。また陳旧性心筋梗塞患者で心電図上Q波が出現し、新鮮梗塞が疑われて直前に負荷を中止した例を経験した。負荷検査では、負荷量を増やすと心筋虚血の検出率は増加するが、過度の負荷量では心筋梗塞を誘発する。最適運動量は、年齢、性、基礎疾患などにより異なり、個人差が大きく一定していない。通常、核医学検査は医師の立会いのもとで行われるが、患者の誘導、説明など看護婦のはたす役割はきわめて大きい。従って、看護の立場からも核医学一般に対する理解と同時に、負荷時の症状などについて理解を深めておくことが重要である。さらに、万一の場合に備えて緊急医薬品や除細動器などの準備と共に、非常事態を想定した心構えが必要である。

血圧や心拍数には心理的因子も関与するため、検査前の不安などの検討も重要であるが、今回は精神面について検討しなかった。しかし、得られた運動負荷の結果は、核医学検査時に限ら

ず、心筋梗塞後のリハビリテーションや日常における運動量の評価にも参考になると思われる。

結 論

虚血性心疾患の患者87症例を対象に、運動負荷時の循環反応について検討し、以下の結論を得た。

(1) 血圧、心拍数、およびPRPは、運動負荷により一般に増加し、症例の68%が160 mmHg以上の収縮期血圧を示し、49%が95 mmHg以上の拡張期血圧を示し、75%が毎分100以上の心拍数を示した。

(2) 負荷前後の収縮期血圧および心拍数は、それぞれ相関係数0.58、0.32で相関し、回帰直線 $Y = 0.84X + 63$ 、 $Y = 0.68X + 70$ が得られた。

(3) 時間一収縮期血圧曲線をA型からF型までに分類すると、良好な循環反応を示唆するA型は52%にみられ、E型、F型などは循環反応不良を示唆した。

(4) 収縮期血圧あるいは心拍数とPRPの間には、負荷前よりも負荷後で高い相関がみられた。

(5) 負荷後、39%の症例は心電図上ST変化を示したが、ST変化を示す群と示さない群の間で、血圧、心拍数などについて有意差はみられなかった。

(6) 負荷量とPRPの増加量は相関係数0.52で相関し、負荷量の増加につれてPRPは増加した。

(7) 負荷終了の理由は、leg fatigueが67%と最も多く、胸部症状(15%)、顔面蒼白(13%)などもみられた。

(8) 手術症例では、手術後の収縮期血圧や心拍数は、手術前に比べ増加し、時間一収縮期血圧曲線は改善してA型を示した。

鳴 謝

本研究資料収集過程中、曾得到医学部核医学科各位医師、技師的热情幫助和指導、在此表示深々の謝意。

文 献

- 1) 久田欣一, 他編: 最新核医学, 金原出版, 1986.
- 2) 西村重敬, 加藤健一, 矢田隆志, 他: ACBG 適応例における Tl-201 の有用性。ニュータウンカンファランス心臓核医学: 13, 31-36, 1989.
- 3) 米沢嘉啓, 浜重直久, 土居義典, 他: ジビリダモール負荷心筋シンチグラフィによる冠動脈病変の重症度評価と予後評価。ニュータウンカンファランス心臓核医学: 13, 43-48, 1989.
- 4) 山口一郎, 福山はる, 金谷 透, 他: エルゴメータによる循環機能の研究。健常青年における運動能, 心拍出応答, 末梢循環変化の相互関係。心臓: 15, 629-639, 1983.
- 5) 中嶋憲一: 多段階運動負荷による心機能評価。ニュータウンカンファランス心臓核医学: 4, 100-103, 1981.