下肢閉塞性動脈硬化症例に対する アームエルゴメーター負荷法による虚血性心疾患の スクリーニングとその外科治療法の選択について

東 健一郎 広 瀬 一 松 本 興 治

下肢閉塞性動脈硬化症(ASO)の外科治療時、虚血性心疾患(IHD)の合併が問題となる。今回 ASO 例における、①アームエルゴメーター負荷(Arm E)法を用いた IHD のスクリーニング法と、② IHD 合併例における Leaman らの coronary score(CS)を用いた外科治療法選択の有用性について検討した。Arm E 法と冠動脈造影(CAG)を施行した ASO24 例を対象とした。IHD の合併は 24 例中 16 例(67%)に認めた。①: Arm E 法の感度は 94%, 特異度 75%, 正確度 88%であった。②: 次に外科治療法の選択を検討した。CS16 以上の 3 例は、冠動脈と下肢の血行再建術を一期的に施行した。CS5.5 以下の 12 例は、下肢血行再建術のみを施行した。この治療方針にて、周術期に IHD に基づく合併症を認めなかった。以上より、ASO の外科治療時、IHD のスクリーニング検査法として、Arm E 法は有用な方法と考えられた。またその結果に基づく外科治療法の選択により、良好な結果を得た。日心外会誌 24 巻 2 号: 89-94(1995)

Keywords: 下肢閉塞性動脈硬化症, 虚血性心疾患, スクリーニング, アームエルゴメーター負荷法, 外科治療法

The Arm Ergometer Exercise Test to Detect Ischemic Heart Disease in Arteriosclerosis Obliterans of the Lower Extremities and Surgical Management

Kenichiro Azuma, Hajime Hirose and Kouji Matsumoto (First Department of Surgery, Gifu University School of Medicine, Gifu, Japan)

The arm ergometer exercise test (Arm E) was performed in 24 patients with arteriosclerosis obliterans of the lower extremities (ASO) to detect ischemic heart disease (IHD). All patients underwent coronary arteriography. IHD was detected in 16 patients (67%) with ASO. Sensitivity for diagnosis of IHD was 94%, specificity was 75% and accuracy was 88%. The severity of coronary artery disease was graded by the coronary score (CS) proposed by Leaman, et al. and the scores were compared with the mode of surgical treatment. In 3 patients with a CS between 16 and 22, the revascularization of both coronary arteries (CABG) and of peripheral arteries were performed in one stage. In 12 patients with CS below 5.5, only arterial revascularization of the lower extremities was performed without complications from the associated IHD. These results suggest that Arm E is a useful screening test to detect IHD in patients with ASO for surgery. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 24: 89-94(1995)

動脈硬化症疾患の外科的治療の際に、最も問題となるのは虚血性心疾患(以下 IHD)に基づく合併症である。したがって、術前に IHD のスクリーニングが必要となる。しかし、下肢閉塞性動脈硬

化症(以下 ASO)では間歇性跛行のため、従来の下肢運動負荷による IHD のスクリーニングが困難な症例が存在する。そこで、上肢を使ったエルゴメーター運動負荷つまりアームエルゴメーター負荷法(以下 Arm E)を、ASO における IHD のスクリーニング検査法として用いた。また、そのスクリーニング結果をもとに、ASO に IHD が合併した際の外科治療法の選択についても検討したので報告する。

1993 年 10 月 12 日受付, 1994 年 5 月 19 日採用

岐阜大学第 1 外科 〒500 岐阜市司町 40 番地

本論文の要旨は、第 11 回血管無侵襲診断法研究会(1991 年 5 月, 那覇), 第 92 回日本外科学会総会(1992 年 3 月, 東京), 第 20, 21 回日本血管外科学会総会(1992 年 7 月, 札幌, 1993 年 6 月, 東京)において発表した。

対 象

1989 年 9 月から 1993 年 5 月までの 3 年 9 か月に当科で、術前冠動脈造影(以下 CAG)を施行し虚血性心疾患の有無を確認後、外科治療を行った ASO 24 例を対象とした。年齢は 43~81 歳、平均 68 歳、男性 20 例、女性 4 例である。ASO 24 例を次の 2 群に分類した。すなわち A 群：(1) 狭心症症状(以下 AP)や、(2) 安静時心電図で、虚血性変化である異常 Q 波や ST の上昇あるいは低下が認められた 8 例、B 群：A 群における所見のいずれをも認めなかった 16 例に分類した。なお初期の段階で、上記(1)、(2)の 2 所見のいずれも陰性であったが CAG を施行した 5 例を B 群に含めた。

方 法

虚血性心疾患のスクリーニング手順としては、原則的に 1) 狭心症症状の有無に対して詳しい問診を行い、2) 安静時心電図をとり、次に 3) Arm E を施行した。以上三つの因子のうち、いずれか一つ以上に陽性所見を認めたもの、すなわち、狭心症症状の既往あるいは現在これを有している場合、安静時心電図にて異常 Q 波あるいは ST、T 変化などの虚血性変化を認める場合、Arm E 負荷にて後述する心電図変化を認めた場合には CAG を施行することとした。その結果、CAG 上 75%以上の有意狭窄病変を認めたものを CAG 陽性とし、虚血性心疾患の存在を判定した。そしてさらに冠動脈疾患の重症度を Leaman らによる coronary score¹⁾(以下 score)を参考にし、外科的治療法との関連をみた。

Arm E はスウェーデンモナーク社製のポータブルエルゴメーター 881 E 型を使用した。患者を立位にし、エルゴメーターは上肢の高さの位置に置き、両上肢でペダルを回転させた。負荷量は 25 W、50 RPM の一定とし、息切れや上肢の疲労などで続行不可能な点まで、あるいは 5 分間持続した。負荷前、負荷終了直後、3 分、5 分において血圧、心電図を測定した。ST 上昇あるいは低下 1 mm 以上、T 波の変化を虚血性変化陽性(Arm E 陽性)と判定した。施行に際して、高血圧症例や、

AP を有したあるいは有している症例に対して、カルシウム拮抗剤や亜硝酸剤などがすでに投与されている場合、48 時間前に薬剤投与を中止し、負荷検査を施行した。

また、Arm E の終了点は平均 2 分 36 秒で、その原因は呼吸困難、息切れ(12 例)、上肢の疲労(10 例)、狭心症様症状(1 例)、腰痛(1 例)であった。収縮期血圧は負荷前 143 ± 28 mmHg から負荷直後 164 ± 35 mmHg に、心拍数は同じく 68 ± 9 /min から 85 ± 17 /min に変化し、したがって double product(収縮期血圧×心拍数)も 95 ± 20 mmHg/min× 10^2 から 138 ± 42 mmHg/min× 10^2 へと有意($p < 0.01$)に増加した。

結 果

A、B 群のスクリーニング結果は図 1 のごとくであった。そして Arm E 法の有効性、つまり感度、特異度や正確度について検討した。

1：感度は 94%、特異度は 75%、正確度は 88%であった(表 1)。

		AP ECG異常		Arm E	CAG	(+):陽性所見 (-):陰性所見
2 4	A 群 + 8	[	+ 6	[	+ 5	
					- 1	
	B 群 + 1 6	[	- 2	[	+ 0	
					- 2	
					+ 1 0	
			+ 1 1		- 1	
			- 5		+ 1	
					- 4	

表 2 IHD 合併例 (16 例) における coronary score とその外科治療との関連

CAG 陽性 coronary score	外科的治療	備 考 (冠動脈病変に関して)
26.5	PTA* (局所麻酔下)	形態上血行再建の 適応なし
22.0	冠動脈血行再建術	CABG*2
19.5	+ 下肢血行再建術	CABG*4
16.0	(一期的)	CABG*3
5.5 以下 12 例	下肢血行再建術のみ (11 例：全身麻酔下) (1 例：硬膜外麻酔下)	

*PTA：percutaneous transluminal angioplasty

2：B 群のうち Arm E 陽性であった 11 例においては、症状や安静時心電図などの臨床所見のみでは IHD の存在が示唆されなかったが、10 例に CAG で冠動脈の有意狭窄病変が確認された。

3：Arm E 陰性で CAG 陽性例は B 群の 1 例であった。しかしながら他の負荷法(経食道心房ペーシング負荷法)は陽性であったため IHD を検出できた。

4：Arm E 陽性で CAG 陰性例の偽陽性例は、A 群の 1 例と B 群の 1 例であった。前者は高血圧症を有しており、後者のうち 1 例は心電図変化が T 波の変化のみであった。

次に IHD が合併した 24 例中 16 例(67%)の外科治療法を、前述の score をもとに検討した(表 2)。

5：score 16 以上は 4 例あり、score が 26.5 であった症例においては、冠動脈病変の形態上血行再建の適応がなく、侵襲の少ない局所麻酔下に下肢動脈の経皮的血管形成術のみを行った。Score 22, 19.5, 16 の 3 例は、冠動脈と下肢の血行再建術を開腹を必要としない手術侵襲で、一期的に施行した。そして score 5.5 以下の 12 例のうち 11 例は、全身麻酔下で下肢血行再建術を、1 例は硬膜外麻酔下で大腿動脈-大腿動脈バイパス術を施行した。そして術中術後に、IHD に基づく合併症は認めなかった。

6：以上のスクリーニング結果と外科治療法の選択の結果から、24 例の ASO に対する血行再建

術の際、IHD に基づく合併症は認めなかった。

考 察

本邦においても人口の高齢化とともに、ASO も増加している^{2,3)}。したがって外科治療の機会も増加しているが、その際、もっとも問題となるのが虚血性心疾患の合併である^{4,5)}。またその合併頻度が高い^{5~8)}ため、術前の虚血性心疾患のスクリーニングが必要となる。しかし、従来の下肢を用いた運動負荷検査は、間歇性跛行や安静時下肢疼痛のために十分な負荷がかからず、負荷検査としては不適当である。また、全例に CAG を施行するという方針もあるが、全身性に動脈硬化性病変が存在することが予想されるため、検査による合併症の危険性⁹⁾や ASO に対する外科治療成績の著明な改善により、不必要な症例には可及的に避けたいと考えられる。

そこで従来の下肢を用いた運動負荷に代えて、上肢を用いた運動負荷検査、Arm E 負荷法を虚血性心疾患のスクリーニング検査法として用いた。

Arm E は本邦では、下肢に十分な運動負荷がかからない状態つまり、神経、筋、骨、血管などの各疾患を有している症例や高齢者に対する運動負荷検査として、あるいはトレッドミル検査との比較として報告^{10~12)}されているものが多い。ASO に対する IHD のスクリーニングとしての文献的報告は藤村ら¹³⁾によるものがあるが、CAG 施行例は 20 例中 4 例であり、全例に CAG を施行しそ

の結果を検討したのは本報告が初めてと思われる。Arm E の負荷量、回転数、負荷時間等や体位などの具体的方法については一定した見解はないが、従来の報告例^{10,11,14)}を参考にし、負荷量は 25 W、回転数 50 RPM と設定した。患者は負荷後大きい疲労度を訴え、前述したように double product も有意に上昇しており、十分な負荷量と考えられた。

次に今回施行したスクリーニング検査結果について、Arm E の有用性つまり感度、特異度、正確度について検討した。

IHD の合併を認めたのは、24 例中 16 例 (67%) であり、諸家の報告⁵⁻⁸⁾の 47~67% と同程度の合併率であった。Arm E の有用性の判定は CAG 所見との対比で決定される。感度は 40~50% 台、特異度は 67%, 100%, 正確度は 70% などとする報告¹⁵⁻¹⁸⁾がみられる。感度が低い理由としては、負荷検査時、抗狭心症薬が投与されている場合があったこと、Arm E では上肢の疲労が早期にかつ高率に出現するために負荷量が十分でないこと、それが原因で血行動態の反応がより少ないことなどがあげられ、したがって心電図変化の程度も軽度であると考えられた^{10,11,16,19)}。しかしながら、Arm E による運動負荷タリウムイメージ検査では、感度 83%, 特異度 78% との報告¹⁷⁾もあり、負荷心電図や CAG の判断基準の差異によることも一因と考えられる。いずれにせよ自験例の Arm E のプロトコールと心電図や CAG の判断基準は、従来の下肢による運動負荷試験と同様の有用性²⁰⁾が認められたことより、妥当なものと思われた。

またスクリーニング手順としては、ASO に IHD が高率に合併することから、AP の存在や安静時心電図で虚血性変化が認められた場合、つまり A 群は、当然負荷心電図を待たずに CAG の適応となる。問題は B 群における IHD の検出であり、とくに Arm E 陽性 11 例中 10 例に IHD を検出可能であったことは、Arm E の有用性が高いことを示している。

Arm E 陽性で CAG 陰性であった 2 例は偽陽性例であり、結果的には CAG が必要でなかったことになる。1 例は高血圧症を有しており、もう 1 例は心電図変化が T 波の変化のみであった。こ

のような症例は文献上、運動負荷試験による有意冠動脈病変の検出の特異度は低下するといわれている²¹⁾。したがって、この自験例 2 例のような症例においては、Arm E も限界を有すると考えられる。

そして次に、さらにこうしたスクリーニングの結果、IHD の合併が判明した場合、全身麻酔下に血行再建術が、術中術後に合併症を起こさずに可能である冠動脈病変の程度と、外科治療法の選択について検討した。冠動脈病変程度を示す客観的指標として Leaman らによる coronary score を用いた。

冠動脈と ASO の両者に手術適応がある場合、下肢血行再建術よりも冠動脈血行再建術を優先する方針の施設が多い^{5,6,22-25)}。しかし、両再建術を一期的手術か二期的手術かで施行するかについては、待機手術予定の ASO のみで致命的となることはなく、したがって二期的手術が基本となる。一期的手術が必要と思われる症例としては、冠動脈再建術後の一時的な LOS の発生に伴う下肢末梢循環不全や、IABP などの補助手段の挿入路確保の必要性²⁶⁾等が危惧される場合などが考えられる。開腹を要する血行再建の場合は、手術侵襲の面からも二期的手術のほうが望ましいと考えられる。自験例の一期的手術を施行した 3 例は、末梢循環不全や補助手段の必要性を認めなかったが、開腹を要する血行再建術ではなく新たな手術侵襲は少ないと考え、一期的手術を施行した。

冠血行再建術の手段としては、冠動脈バイパス術 (以下 CABG) や経皮的冠動脈形成術 (以下 PTCA) 等がある。その適応は原則的には各再建術の適応に準ずると考えられる。今回冠血行再建術の適応となった自験例 3 例は、共に多枝病変で、左主幹部相当病変であったため CABG を施行した。本論文においては CABG 以外の冠血行再建を施行した症例はなかった。しかし、PTCA を先行後に手術を施行した ASO 以外の 3 例を経験した。うち 2 例は、右冠動脈あるいは回旋枝の 1 枝病変であったが、不安定狭心症あるいは 99% 狭窄病変で、心筋梗塞発症の可能性が非常に高いと判断された症例であった。他の 1 例は、左前下行枝の 1 枝病変であったが、上部消化管からの出血に

対して緊急手術が必要とされた症例であった。いずれも CABG よりも PTCA の適応と判断し、術後経過は良好であった。このことから、冠動脈 1 枝病変合併例や、緊急手術を要する ASO の症例には、同様に PTCA が有用な治療手段と考えられる。

冠血行再建の適応がない冠動脈病変を有している場合、どの程度までの冠動脈病変が、ASO の周術期に IHD に関する合併症を起こさずに可能であるかは判断ににくい。今回の検討結果から、全身麻酔下に下肢血行再建術が可能な冠動脈病変の範囲は、coronary score を用いて判断すると、score 5.5 以下であった。Score が 16 以上の症例に対しては、1 例は冠動脈病変の形態上血行再建の適応がなく、局所麻酔下での下肢血行再建術を施行し、3 例は冠動脈と下肢血行再建術を一期的に施行した。以上の方針にて、虚血性心疾患に関する合併症はなく、本 coronary score は治療法選択の有用な一指標となりうると考えられた。

ま と め

外科治療対象となった下肢閉塞性動脈硬化症 24 例に対し、虚血性心疾患のスクリーニング検査法として、アームエルゴメーター負荷 (Arm E) 法を施行し冠動脈造影検査で確認した。またその結果、虚血性心疾患が合併した際の外科治療法について検討した。

1) 虚血性心疾患の合併を認めたのは、24 例中 16 例 (67%) であった。

2) Arm E 法のスクリーニング結果について、感度は 94%、特異度は 75%、正確度は 88% であった。

3) 10 例においては臨床所見のみでは虚血性心疾患の存在が示唆されなかったが、本負荷法によってそれが発見され、冠動脈造影で確認された。

4) 虚血性心疾患が合併した際の外科治療法において、冠動脈病変の重症度を示す score を一指標として、手術時期・術式の選択を行った。冠動脈の血行再建を行うことなく、全身麻酔下に下肢血行再建術が虚血性心疾患の合併症を認めずに可能な範囲は、coronary score 5.5 以下であった。また、score 16 以上の 3 例に一期的手術を施行し、

結果は良好であった。

以上より、下肢閉塞性動脈硬化症に対する、虚血性心疾患のスクリーニング検査法としてのアームエルゴメーター負荷法の有用性と、冠動脈病変の重症度に基づいた外科治療法について報告した。

文 献

- 1) Leaman, D. M., Brower, R. W., Meester, G. T., et al.: Coronary artery atherosclerosis: Severity of the disease, severity of angina pectoris and compromised left ventricular function. *Circulation* **63**: 285-292, 1981.
- 2) 三島好雄：わが国における血行再建手術の現状と問題点. 日外会誌 **82**: 1136-1137, 1981.
- 3) 三島好雄：慢性動脈閉塞の治療. 循環制御 **12**: 1-3, 1991.
- 4) Diehl, J. T., Cali, R. F., Hertzner, N. R., et al.: Complications of abdominal aortic reconstruction: An analysis of perioperative risk factors in 557 patients. *Ann. Surg.* **197**: 49-56, 1983.
- 5) Hertzner, N. R., Beven, E. G., Young, J. R., et al.: Coronary artery disease in peripheral vascular patients: A classification of 1000 coronary angiograms and results of surgical management. *Ann. Surg.* **199**: 223-233, 1984.
- 6) Tomatis, L. A., Fierens, E. E. and Verbrugge, G. P.: Evaluation of surgical risk in peripheral vascular disease by coronary arteriography: A series 100 cases. *Surgery* **71**: 429-435, 1972.
- 7) 数井暉久, 小松作蔵, 佐々木孝ほか：動脈硬化性血管病変における選択的冠動脈造影法の意義. 日胸外会誌 **31**: 440-445, 1983.
- 8) 日浅芳一, 矢野勇人, 滝 浩樹ほか：閉塞性下肢動脈硬化症と冠動脈病変との関連について. 心臓 **19**: 1194-1199, 1987.
- 9) Rutherford, R. B. and Pearce, W. H.: Acute problems following diagnostic and interventional radiologic procedures. In *Vascular Surgical Emergencies*, eds. by Bergan, J. J. and Yao, J. S. T., pp. 417-430, Grune & Stratton, Inc., Orlando, 1987.
- 10) 榊原雅義, 本橋史江, 松本直樹ほか：高齢者の運動負荷試験におけるアームエルゴメーターの有用性について. 日本臨床生理学雑誌 **18**: 117-123, 1988.
- 11) 石井正徳, 小川 剛, 牛山和憲ほか：立位腕エルゴメーター運動の循環・呼吸機能に及ぼす影響—トレッドミル運動との比較—. *Therapeutic Research* **10**: 240-247, 1989.
- 12) 榊原雅義, 本橋史江, 花栗睦和ほか：高齢者運動

- 負荷におけるアームエルゴメーター利用について, 心臓 **21**: 102-104, 1989.
- 13) 藤村嘉彦, 高木靖彦, 南 佳秀ほか: 閉塞性動脈硬化症 (ASO) に対する上肢運動負荷心電図による冠動脈狭窄病変スクリーニングの有用性. 日臨外会誌 **54**: 627-630, 1993.
 - 14) 山本幸子, 千葉かづ子, 小野寺良子ほか: 自転車エルゴメーターを用いた運動耐容能の測定—両上肢と両下肢の比較検討—. 東北理学療法学 創刊号: 48-51, 1989.
 - 15) Van Der Watt, F. J. J., Jordan, P. J., Nel, C. J. C., et al.: Routine exercise testing to detect coronary artery disease in patients with atherosclerotic vascular disease. *Ann. Vasc. Surg.* **4**: 479-484, 1990.
 - 16) Travers, A. M., Nel, C. J. C., Van Der Watt, F. J. J., et al.: The arm ergometer exercise test for evaluating coronary artery status in patients presenting for peripheral vascular surgery. *South African J. Surg.* **28**: 148-150, 1990.
 - 17) Balady, G. J., Weiner, D. A., Rothendler, J. A., et al.: Arm exercise-thallium testing for the detection of coronary artery disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* **9**: 84-88, 1987.
 - 18) Youngman, D. J., Dove, T., Boccuzzi, S. J., et al.: Noninvasive and angiographic evaluation of coronary artery disease in patients with peripheral vascular disease. *Am. J. Cardiol.* **63**: 1446-1449, 1989.
 - 19) Acker, J. Jr. and Martin, D.: Angina and ST-segment depression during treadmill and arm ergometer testing in patients with coronary artery disease. *Phys. Ther.* **68**: 195-198, 1988.
 - 20) 斉藤宗靖, 吉田 茂: 運動負荷心電図—感受性・特異性からみたその有用性と限界—. 総合臨床 **30**: 1961-1969, 1981.
 - 21) Harris, C. N., Aronow, W. S., Parker, D. P., et al.: Treadmill stress test in left ventricular hypertrophy. *Chest* **63**: 353-357, 1973.
 - 22) 数井暉久: 動脈硬化性血管病変と冠動脈病変の合併例に対する治療方針について. 脈管学 **29**: 505-508, 1989.
 - 23) 萩原秀男, 根岸七雄, 尾崎俊造ほか: 虚血性心疾患合併 ASO 症例の検討—特に冠動脈病変と心機能面よりみた下肢血行再建術の適応について—. 脈管学 **29**: 509-511, 1989.
 - 24) 岡田昌義, 中村和夫: ASO と冠動脈併存例に対するわれわれの治療方針. 脈管学 **29**: 513-517, 1989.
 - 25) 江里健輔, 郷良秀典, 宮本正樹ほか: 閉塞性動脈硬化症 (ASO) と併存冠動脈病変の治療方針—特に冠動脈造影施行症例の決定—. 脈管学 **29**: 519-523, 1989.
 - 26) 落 雅美, 寺田功一, 山内仁紫ほか: 冠動脈病変合併例に対する下肢血行再建—PTCA, CABG を前提とした術式選択の重要性について—. 胸部外科 **44**: 287-293, 1991.