

《原 著》

## 胸部大動脈瘤に対する EXTRA ANATOMIC BYPASS の術後評価

—RI アンジオグラフィによるバイパス血管および術後左心機能評価—

林田 孝平\* 西村 恒彦\* 植原 敏勇\* 下永田 剛\*

内藤 博昭\* 太田 光重\* 高宮 誠\* 中島 伸之\*\*

**要旨** 胸部大動脈瘤の治療のため Extra anatomic bypass 法を行った11例でバイパス血管および左心機能評価を行った。バイパス血管の評価では Radionuclide angiography (RNA) と Computed tomography (CT), Digital subtraction angiography (DSA) で画像診断の比較を行った。バイパス血管の血流については各検査法とも診断できた。CT ではバイパス血管の造影、血栓の描出は鮮明であったが、大動脈クランプの遮断効果が判定できないことがあり、一回の造影では腹部大動脈の逆行性血流の評価が困難であった。DSA ではバイパス血管は鮮明に造影されたが、血栓の診断が難しかった。RNA ではバイパス血管の評価および腹部大動脈の逆行性血流の判定、血液プール・シンチグラフィの併用により血栓形成の評価、心プール・シンチグラフィの併用により術後の左心拡張期機能の低下を判定できた。RNA は術後のバイパスおよび心機能評価に有用であった。

### I. はじめに

大動脈瘤の外科的治療法は動脈瘤を切除しバイパス血管にて置換する。このバイパス血管の走行が、解剖学的に既存の動脈と並走するものは Anatomic bypass 法、並走しないものは Extra anatomic bypass 法と呼ばれる。Extra anatomic bypass による手術法を大動脈瘤に初めて応用したのは Shumacker ら<sup>1)</sup>で、ついで金属クランプを用いて大動脈瘤の遮断による臨床例を Carpentier ら<sup>2)</sup>が報告した。その後各施設の追試により、Extra anatomic bypass 法の適用は、吻合すべき動脈壁が脆弱な Marfan 症候群<sup>3)</sup>、解離の範囲が大きい解離性大動脈瘤<sup>3)</sup>、大動脈縮窄症<sup>4)</sup>、大動

脈炎症候群<sup>5)</sup>、炎症を伴う人工血管<sup>6)</sup>、胸郭の手術の既往があり開胸が困難な症例<sup>7)</sup>、などとされている。Extra anatomic bypass 法の術式の利点は、体外循環を回すことが不要で、大動脈瘤の処置が不用であることにより手術の時間が短いことがある。しかし胸部から腹部までの長いバイパス血管を用いるためバイパスの通過状態とともに左心負荷の評価が必要である。

今回、バイパス施行患者に対して RI アンジオグラフィに血液プール・シンチグラフィと心プール・シンチグラフィを併用しバイパス血管および左心機能評価を行い有用性の検討をしたので報告する。

### II. 対 象

Extra anatomic bypass 法を施行した 11 例で、内訳は胸部大動脈瘤 7 例、解離性大動脈瘤 4 例で男女比は 9 : 2、平均年齢は 61±8 歳である。このうち 5 例で手術前後の左心機能の比較をした。また Extra anatomic bypass 施行群と正常対照群

\* 国立循環器病センター放射線診療部

\*\* 同 胸部外科

受付：61年1月7日

最終稿受付：61年4月11日

別刷請求先：吹田市藤白台5-7-1（番565）

国立循環器病センター放射線診療部

林田孝平

で心機能の指標を比較した。正常対照としては心疾患のない10例を選び、内訳は、男女比は7:3、平均年齢は54±12歳である。

### III. 方 法

(i) Extra anatomic bypass 手術法および術後の RI アンジオグラフィ (Radionuclide angiography; RNA) を Fig. 1 に示す。Extra anatomic bypass の術式は動脈瘤を空置しバイパス血管を前縦隔から後腹膜へ通し上行大動脈から腎動脈分岐直下の腹部大動脈へ繋ぐ。ついで大動脈瘤の近位端を金属製の永久大動脈クランプ (以下クランプ) で止め大動脈瘤への血流を遮断する。腹部大動脈の血流はバイパス血管を介して通常とは逆方向に流れ腹部臓器および脊髄への血液が供給される。クランプで遮断された大動脈瘤の血流は鬱滞し、空置された大動脈瘤には血栓が形成される。RNA は、in vivo にて Tc-99m を赤血球に標識し 15 mCi を静注後、上大静脈の描出と同時に 1 フレーム/2 秒で 30 フレーム計 60 秒間を一部腹部を含めた胸部正面で撮像した。ついで血液プール・

シンチグラフィでは胸部正面のほか、LAO-40°, LAO-50°, LAO-60°, L-LAT, 腹部正面で撮像した。心室中隔がよく分離された体位で心拍同期心プール・シンチグラフィを行い、収縮期指標として左室駆出率 (left ventricular ejection fraction; LVEF), 拡張期指標として拡張早期 1/3 における左室充満率 (first third filling fraction; 1/3 FF), 拡張早期 1/3 における平均左室充満速度 (first third mean filling rate; 1/3 FRm) を求めた (Fig. 2)<sup>8)</sup>。また、血栓シンチグラフィは In-111 Platelet を用いた<sup>9)</sup>。

なお、統計処理は unpaired t-test を用いて有意差検定を行った。

用いた機種は高分解能コリメータを装着したシンチカメラ ohio-nuclear Σ410 s 型、データ処理装置 DEC PDP 11 である。

(ii) バイパス血管の評価は、1) バイパス血管の開存、2) 永久動脈クランプによる遮断効果、3) 血栓形成、4) 腹部大動脈の逆行性血流の状態について行った。バイパス血管の評価は造影剤を用いた CT スキャン (Computed tomography;

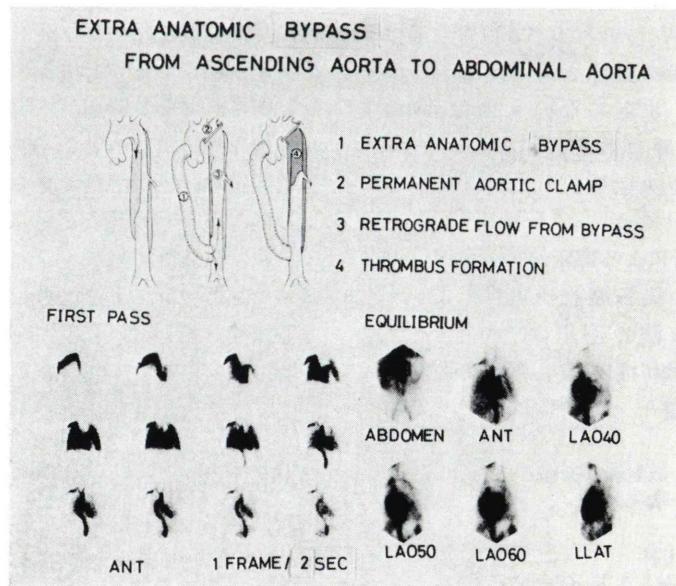
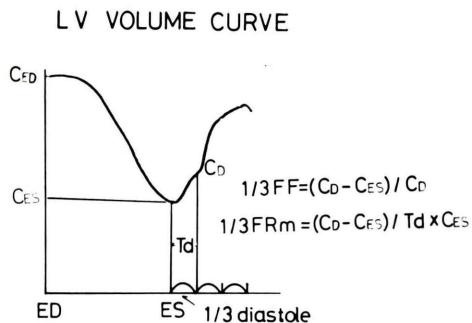


Fig. 1 Illustration of surgical procedure of extra anatomic bypass and radionuclide angiography.



**Fig. 2** Diastolic indices of left ventricular function from left ventricular count curve.

1/3 FF=first third filling fraction, 1/3 FRm=mean first third filling rate, ED=end diastole, ES=end systole, C<sub>ED</sub>=count at end diastole, C<sub>ES</sub>=count at end systole, C<sub>D</sub>=count at first third diastole, Td=time during first third diastole.

CT) および経動脈法で造影剤を注入した Digital subtraction angiography (DSA) で得た所見を RNA 法と比較した。用いた機種は CT では General Electric 社製 CT/T 8800, DSA では Siemens 社製 Angiotron である。

#### IV. 結 果

##### (i) RNA, CT, DSAによるバイパス血管の評価

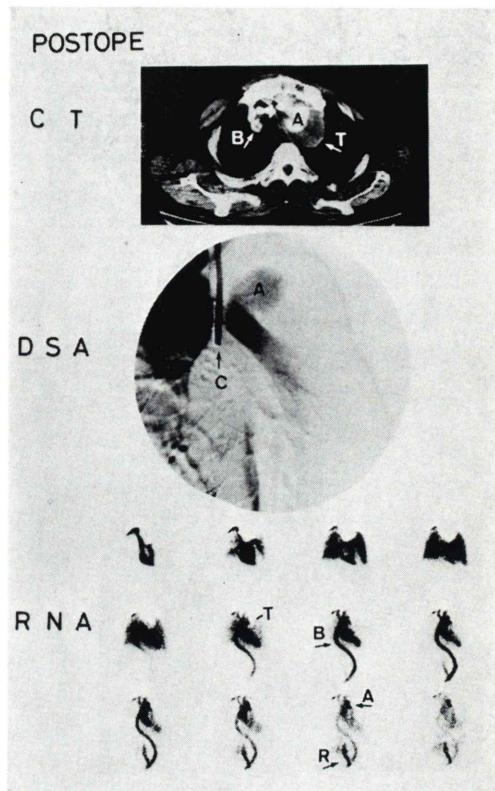
バイパス血管の評価は術後 60–65 日目に行った。代表的な三症例を供覧する。

###### 症例 1 (62歳, 男性) (Fig. 3)

解離性大動脈瘤のためバイパス手術を行った。CT では血栓、解離性大動脈瘤への造影を認め、DSA でも瘤への造影を認める。RNA では瘤への血流とともに、腹部大動脈の逆行性血流も判定できた。

###### 症例 2 (70歳, 男性) (Fig. 4)

胸部大動脈瘤のため Extra anatomic bypass 手術を施行した。CT ではバイパス血管の造影は認めるが、金属製のクランプによる障害陰影のためバイパス血管の吻合部が不明瞭である。DSA ではバイパス血管の造影は良好で、クランプの遮断が不十分なため空置された大動脈瘤への造影も認



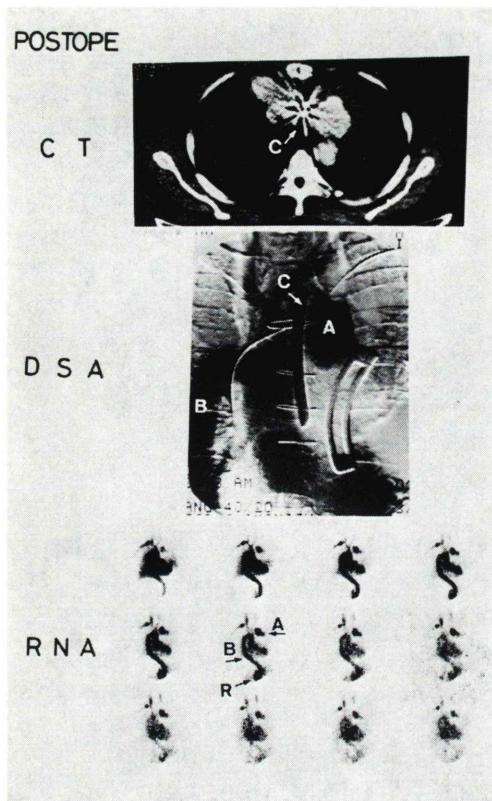
**Fig. 3** Computed tomography (CT) and digital subtraction angiography (DSA) showed patency of bypass graft and leakage of blood to sequestered aneurysm and clot formation. Radioisotope angiography (RNA) revealed not only patency of bypass graft but blood flow to abdominal aorta.

A=aortic aneurysm, B=bypass graft, C=clamp of aorta, R=retrograde blood flow to abdominal aorta, T=thrombus formation.

める。RNA ではバイパス血管の血流と空置された大動脈瘤への血流および腹部大動脈の逆行性血流も判定できた。

###### 症例 3 (62歳, 女性) (Fig. 5)

解離性大動脈瘤のためバイパス手術を受けた。手術前後で CT, DSA, RNA を施行した。術前ににおいて CT では、大動脈瘤の造影と大動脈瘤壁の石灰化と血栓形成を認め、DSA では、解離性大動脈瘤の flap、大動脈瘤の造影を観察できた。ま



**Fig. 4** Computed tomography (CT) showed poor imaging due to mechanical artifact of permanent aortic clamp. Digital subtraction angiography (DSA) showed patency of bypass graft and leakage of blood to sequestered aneurysm. Radionuclide angiography (RNA) showed patency of bypass graft and blood flow to abdominal aorta.

A=aortic aneurysm, B=bypass graft, C=clamp of aorta, R=retrograde blood flow to abdominal aorta.

たRNAでは、上行大動脈の拡大、左室の拡大があり大動脈弁逆流を伴っている所見であった。術後においてCTではバイパス血管の造影と空置された大動脈瘤の血栓化を認め、DSAではバイパス血管の造影を認めた。また血液プール・シンチグラフィにて空置された大動脈瘤を観察するとRNAおよびCTにて血栓と判定した大動脈瘤の部位に血液プール像を認めた。本例は大動脈瘤内の血栓形成の進行を見るためRNA施行17日前に

In-111 Plateletによる血栓シンチグラフィを行っていたが大動脈瘤の血液プール像にはほぼ一致して陽性描出を認めた。

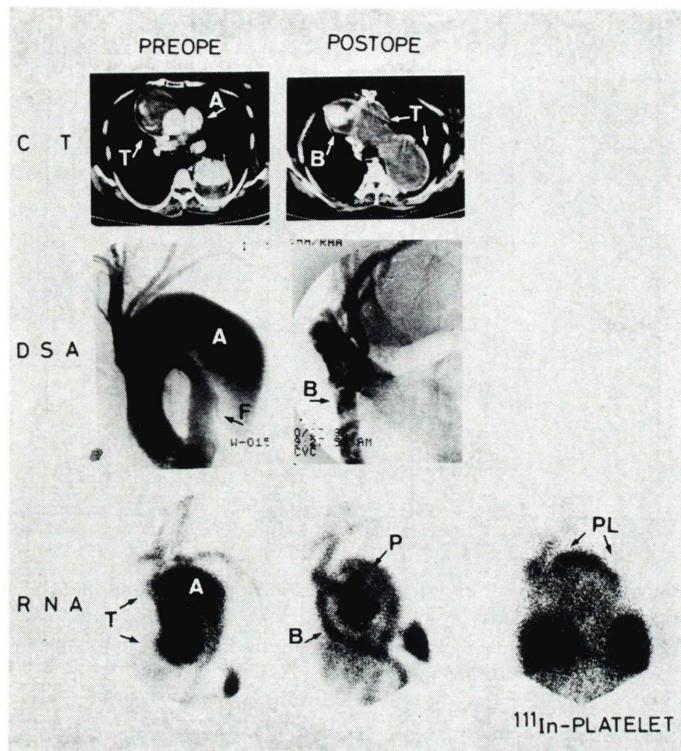
このようにして各検査法において診断能を比較すると、バイパス血管の開存に関してはCT, DSA, RNAともに100%の診断能があった。クランプの診断ではCTでは障害陰影のため大動脈瘤の遮断の効果を認めた50%の症例は判定できなかつた。血栓の存在診断ではCTで100%, RNAでは82%を判定できたが、DSAでは判定できなかつた。腹部大動脈の逆行性血流は、CTで18%, DSAで64%, RNAで82%が判定できた(Table 1)。

#### (ii) 術後心機能評価

正常対照群とExtra anatomic bypass群を比較するとLVEFで $59.2 \pm 6.8\%$ ,  $61.7 \pm 5.8\%$ (n.s.); 1/3FFでは $33.9 \pm 6.2\%$ ,  $22.4 \pm 4.6\%$ ( $p < 0.01$ ); 1/3FRMでは $1.5 \pm 0.2$ (1/sec),  $1.0 \pm 0.2$ (1/sec)( $p < 0.01$ )であった(Fig. 6)。術前後を比較した5例ではLVEFでは $58.2 \pm 8.0\%$ ,  $59.8 \pm 5.4\%$ (n.s.); 1/3FFでは $25.9 \pm 5.8\%$ ,  $22.4 \pm 4.6\%$ ( $p < 0.4$ ); 1/3FRMでは $1.2 \pm 0.3$ (1/sec),  $0.93 \pm 0.2$ (1/sec)( $p < 0.1$ )であった(Fig. 7)。血圧および脈拍の術前後の変動は、収縮期血圧では $121 \pm 8$ mmHg,  $130 \pm 11$ mmHg( $p < 0.3$ ); 拡張期血圧では $71 \pm 8$ mmHg,  $73 \pm 10$ mmHg(n.s.); 脈拍は63±6/分, 73±10/分( $p < 0.3$ )であった。

## V. 考 察

Extra anatomic bypass法は大動脈瘤を形成した既存の血管と異なる走行でバイパス血管を用いる。バイパス血管と生体血管はcomplianceが異なることにより左室の仕事量がふえることをKinleyら<sup>10)</sup>は、報告している。術後ではバイパス血管の開存の評価が必要なことは、通常のAnatomic bypass法と同じであるが、Extra anatomic bypass法では上行大動脈から腹部大動脈に用いるバイパス血管の影響が、直接左室に負荷がかかるために左心機能を評価する必要がある。



**Fig. 5** Computed tomography (CT) showed dissected lumen of ascending aorta with clot formation in preoperative state and patency of bypass graft and thrombus formation in sequestered aneurysm in postoperative state. Digital subtraction angiography (DSA) showed intimal flap of dissected aorta and narrowing of lumen of ascending aorta in preoperative state and bypass graft patency in postoperative state. Radionuclide angiography (RNA) showed aneurysmal formation with clot formation in preoperative state and patency of bypass graft and blood pooling in sequestered aneurysm. In-111 platelet scintigraphy revealed deposition of platelet at the site of blood pooling.

A=aortic aneurysm, B=bypass graft, C=clamp of aorta, F=intimal flap of dissected aorta, T=thrombus formation, P=blood pooling, PL=platelet deposition.

**Table 1** Diagnostic accuracy comparing radionuclide angiography (RNA) with computed tomography (CT) and digital subtraction (DSA)

Bypass patency (n=11)	Clamp leakage		Thrombus formation (n=11)	Reflux into abdominal aorta (n=11)
	(+) (n=7)	(-) (n=4)		
CT	11 (100%)	7 (100%)	2 ( 50 %)	1 (100%)
DSA	11 (100%)	7 (100%)	4 (100%)	0 ( 0 %)
RNA	11 (100%)	7 (100%)	4 (100%)	9 ( 82 %)

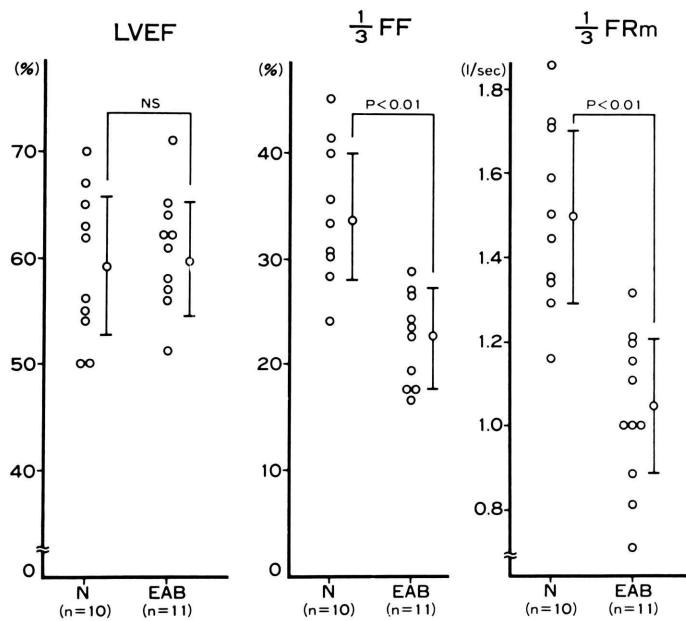


Fig. 6 Comparison of indices of left ventricular function between normal (N) and extra anatomic bypass (EAB) group.

LVEF=left ventricular ejection fraction,  $\frac{1}{3}$  FF=first third filling fraction,  
 $\frac{1}{3}$  FRM=mean first third filling rate.

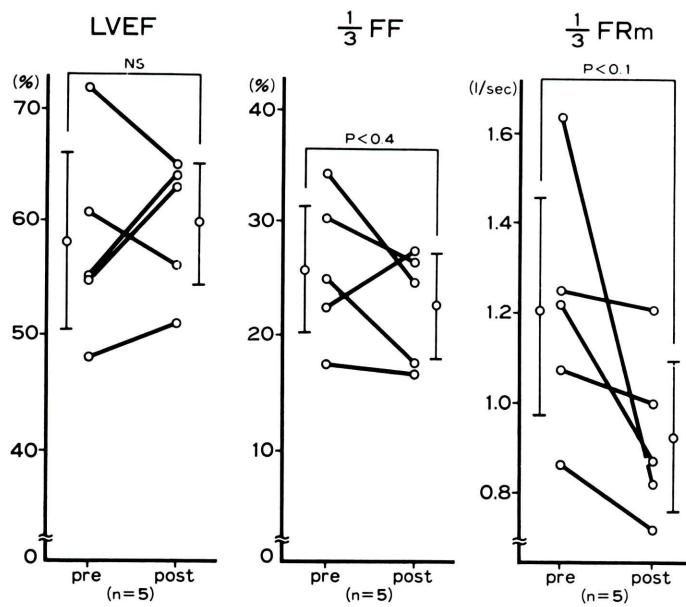


Fig. 7 Comparison of indices of left ventricular function between pre and post operation of extra anatomic bypass.

LVEF=left ventricular ejection fraction,  $\frac{1}{3}$  FF=first third filling fraction,  
 $\frac{1}{3}$  FRM=mean first third filling rate.

今回、胸部大動脈瘤 11 例で Extra anatomic bypass 法を施行し RNA に血液プール・シンチグラフィと心プール・シンチグラフィを併用しバイパス血管の診断および左心機能評価を行った。

バイパス血管の診断では DSA, CT と比較した。バイパス血管の開存の診断に関しては、人工血管の径が 14 mm 程度と比較的大きいため CT, DSA, RNA のいずれの方法にても評価ができた。診断精度が比較的低いと考えられる RNA でも骨盤部の腸骨動脈 [成人男子の総腸骨動脈の径 8–12 mm, 外腸骨動脈の径 6–8 mm<sup>11)</sup>] の閉塞性動脈疾患の評価に用いられており<sup>12)</sup>、バイパスの血管開存の評価に用いる妥当性があった。CT 診断では血栓の描出は鮮明であったが、金属製のクランプにより障害陰影を生じクランプ周辺の画像が不鮮明になり、空置した大動脈瘤の造影の有無でクランプの大動脈瘤の遮断効果を判定できないことがあった。加えて腹部大動脈の逆行性血流を評価するためには、再造影の必要があった。DSA 診断ではバイパス血管およびクランプ周辺では鮮明な画像を得たが、視野が小さくまた長い時間を経的に撮像できないため、血栓の描出ができずまた腹部大動脈の逆行性血流を判定するためには再撮影の必要があった。このように CT および DSA では造影剤の制約により腹部大動脈の逆行性血流を判定できないことがあった。これに比し RNA では赤血球標識を用いているため、光子の描出は血液の流れと考えてよく<sup>13)</sup>、視野も大きくかつ撮像時間が比較的長いことにより左室からバイパス血管の描出に引き続き腹部大動脈の逆行性血流も観察できた。腹部大動脈の逆行性血流の評価が必要であるのは、クランプにて大動脈瘤を遮断するため腹部臓器のみならず Adamkiewicz を介した脊髄への血流を間接的に観察するためである。さらに血液プール・シンチグラフィにて、解剖学的に異なる走行を示すバイパス血管を動静脈の重なりなく血行動態の把握ができる、また大動脈瘤の遮断による血栓形成も光子欠損像<sup>14)</sup>として容易に観察できた。さらに血栓の観察については、大動脈瘤内の血流の観察を併せれば血栓の活動性の評価が可

能であった。すなわち症例 9 では術後の 65 日目に施行した RNA 法にて血流がなく、血液プール・シンチグラフィにて血液プール像を認めることにより、血栓形成が完了したわけではなく進行中であることが推察できる。Carpentier ら<sup>2)</sup>は大動脈瘤の遮断 1 か月後に空置した瘤の口側 2/3 の部位に血栓形成を認めたと報告し、稲田ら<sup>15)</sup>は大動脈瘤の血栓形成は少なくとも術後 2 か月間は観察すべきであるとしている。また早瀬らは、Extra anatomic bypass 法を行った症例では空置した大動脈瘤では約 3 か月して血栓形成が完成したと報告しており<sup>16)</sup>、症例 9 の血栓形成の進行時期とほぼ一致した。しかし、術後 5 か月目に播種性血管内凝固障害をきたした報告もあり<sup>17)</sup>、血栓化が完了しない症例に対しては RNA に血液プール・シンチグラフィを併用し長期間にわたって血栓化の進行状況を注意深く観察することが必要である。

心拍同期心プール・シンチグラフィによる左心機能評価においては正常群と Extra anatomic bypass 群を比較すると拡張期指標である 1/3 FF, 1/3 FRm では  $p < 0.01$  の有意差があり、収縮期指標である LVEF では有意差がなかった。また手術の緊急性により手術前後の比較ができたのは 5 例と少なかつたが、拡張期指標では 1/3 FRm が低下 ( $p < 0.1$ ) していた。収縮期指標の LVEF では変化がなかった。また、術前後にて血圧、脈拍の変化は認めなかった。1/3 FF, 1/3 FRm は高血圧心、肥大型心筋症などで低下することが知られており<sup>18)</sup>、Extra anatomic bypass の手術の場合、バイパス人工血管の compliance が既存の血管と異なることにより左室の仕事量が増加し拡張期障害をきたすと考えられる。したがって Extra anatomic bypass 術後には RNA 法に血液プール・シンチグラフィと心プール・シンチグラフィを併用しバイパス血管の評価に加えて、左心拡張期機能にて経過観察することが必要である。また RNA 法は造影剤を用いない点で CT 法や DSA 法に比較しより非侵襲的な検査であり、胸部大動脈瘤の対象である高齢者に対し繰り返し検査できることからも推奨できる。

## VI. まとめ

- 1) 胸部大動脈瘤11例に対して Extra anatomic bypass 法を施行し、RNA に血液プール・シンチグラフィ、心プール・シンチグラフィを併用しバイパス血管、左心機能の評価を行った。
- 2) RNA によるバイパス血管の評価は DSA、CT と同程度の診断精度があり、血液プール・シンチグラフィを併用することにより血栓形成の進行状況の観察ができた。
- 3) 心拍同期心プール・シンチグラフィによる左心機能評価では、正常群と比較し拡張期指標で有意の低下があり、収縮期指標では有意差がなかった。術前後の比較にても拡張期指標が低下していた。
- 4) Extra anatomic bypass の症例では、RNA と血液プール・シンチグラフィ、心プール・シンチグラフィの併用によりバイパス血管、左心拡張機能評価に有用であった。

## 文 献

- 1) Schumacker HB Jr, King H: Surgical management of rapidly expanding intrathoracic pulsating hematomas. *Surg Gyn Obst* **109**: 155-164, 1959
- 2) Carpentier A, Deloche A, Fabini JN, et al: New surgical approach to aortic dissection: Flow reversal and thromboexclusion. *J Thorac Cardiovasc Surg* **81**: 659-668, 1981
- 3) 秦 紘、庄村東洋、福山 守、他：非解剖学的バイパスを用いた慢性解離性下行大動脈切迫破裂の1例。日胸外会誌 **31**: 1461-1467, 1983
- 4) Wukasch DC, Cooley DA, Sandiford FM, et al: Ascending Aorta-abdominal Aorta Bypass Indication, Technique and Report of 12 patients. *Ann Thorac Surg* **23**: 442-448, 1977
- 5) 藤井尚文、中島伸之、足立郁夫、他：大動脈炎症候群に起因する胸部大動脈瘤に対する extra anatomical bypass の1例。日胸外会誌 **31**: 533-539, 1983
- 6) Odagiri S, Itoh T, Yuzu R, et al: Ascending aorta supraceliac abdominal aorta bypass. Successful removal of an infected graft of thoracic aorta. *Chest* **75**: 722-724, 1979
- 7) 川田光三、相馬康弘、井上 正：弓部～下行大動脈瘤に対する上行～腹部大動脈永久バイパス法。日胸外会誌 **30**: 593-595, 1982
- 8) 成田充啓、栗原 正、村野謙一、他：心プールイメージングより求めた diastolic phase index の有用性——虚血性心疾患における検討——。核医学 **19**: 1147-1157, 1982
- 9) 林田孝平、林 真、西村恒彦、他：In-111 oxine による血小板標識の実際。画像診断 **3**: 377-382, 1983
- 10) Kinley CE, Mable AE: Compliance: A continuing problem with vascular graft. *J Thorac Cardiovasc Surg* **21**: 163-170, 1980
- 11) 高宮 誠：Portsmann 法(非開胸的動脈管閉鎖術)のための腸骨動脈径計測。私信による
- 12) 林田孝平、西村恒彦、植原敏勇、他：閉塞性動脈疾患における RI 末梢アンジオグラフィの診断能評価——カテーテルによる動脈造影との比較——。核医学 **19**: 29-37, 1982
- 13) 林田孝平、西村恒彦、植原敏勇、他：In vivo 標識 Tc-99m 赤血球における標識率の検討——RI アンジオグラフィにおける応用——。核医学 **18**: 495-501, 1981
- 14) 林田孝平、西村恒彦、植原敏勇、他：In vivo Tc-99m 赤血球標識による大血管プールスキャンによる壁在血栓の検出——Clot Sign について——。日医放 **42**(臨): 111, 1982
- 15) 稲田 洋、勝村達喜、藤原 巍、他：胸部および腹部大動脈瘤に対する瘤空置手術の経験。日胸外会誌 **33**: 477-484, 1985
- 16) 早瀬修平、清水 健、入山 正、他：DeBaKey IIIb 型解離性大動脈瘤に対して、Extra-anatomic bypass と Thromboexclusion 法とを施行した1例。日胸外会誌 **37**: 1078-1085, 1984
- 17) 石部良平、森下靖雄、豊平均、他：Thromboexclusion 後、播種性血管内凝固障害(DIC)を発症した DeBakey IIIb 解離性大動脈瘤の1症例。日胸外会誌 **33**: 1996-1999, 1985
- 18) 成田充啓、栗原 正、村野謙一、他：肥大心における拡張期指標の有用性——Tc-99m-心プールイメージングによる検討——。核医学 **20**: 1133-1144, 1983

## Summary

### Postoperative Evaluation of Extra Anatomic Bypass for Aneurysmal Surgery by Radionuclide Angiography

Kohei HAYASHIDA\*, Tunehiko NISHIMURA\*, Toshiisa UEHARA\*,  
Tsuyoshi SHIMONAGATA\*, Hiroaki NAITO\*, Mitsushige OHTA\*,  
Makoto TAKAMIYA\* and Nobuyuki NAKAJIMA\*\*

*\*Department of Diagnostic Radiology, \*\*Department of Thoracic Surgery,  
National Cardiovascular Center, Suita, Osaka*

This study was to evaluate outcome of extra anatomic bypass and left ventricular function at postoperative state by radionuclide angiography (RNA). Surgical procedure of extra anatomic bypass (EAB) (bypass from ascending aorta to infrarenal portion of abdominal aorta) was applied to extensive thoracic aneurysm (7 cases) and dissecting aneurysm (4 cases).

Left ventricular function was evaluated by left ventricular ejection fraction (LVEF) as systolic index and first third filling fraction (1/3 FF), mean first third filling rate (1/3 FRM) as diastolic indices. Outcome of EAB was evaluated as to patency of graft, leakage of aortic clamp, thrombus formation in the sequestered aneurysm and retrograde blood flow in abdominal aorta from bypass graft. Findings of outcome of EAB by RNA were compared with those of computed tomography (CT) and digital subtraction angiography (DSA). Result of left ventricular function analysis and outcome of EAB were shown, as follows.

	Preope (5 pts)	Postope (11 pts)	Normal (10 pts)
LVEF (%)	58.2±8.0	61.7±5.8*	59.2±6.8*
1/3 FF (%)	25.9±5.8	22.4±4.8**	33.9±6.2**
1/3 FRM (%)	1.2±1.3	1.0±0.2**	1.5±0.2**

(\*; ns, \*\*; p<0.01)

	Patency	Leakage	Thrombus	Flow
RNA	100%	82%	82%	82%
CT	100%	100%	100%	18%
DSA	100%	100%	0%	64%

Although systolic function of left ventricle was normal, diastolic function was impaired in post-operative patients of EAB. RNA was useful in evaluating not only outcome of EAB but also postoperative left ventricular function.

**Key words:** Extra anatomic bypass, Thoracic aortic aneurysm, Diastolic left ventricular function, Radionuclide angiography.