

Subclavian flap aortoplasty や Blalock-Park 手術の 遠隔期における左上肢の発育, 血行に及ぼす影響

(平成3年10月23日受付)

(平成4年2月7日受理)

東北大学医学部胸部外科

羽根田 潔 佐藤 尚 東郷 孝男
三浦 誠 畑 正樹 毛利 平

key words : 大動脈縮窄症, 大動脈弓離断症, 上肢の発育障害, 上肢の血行障害

要 旨

生後2年以内に subclavian flap aortoplasty, Blalock-Park 手術により修復を行った大動脈縮窄症 (CoA), 大動脈弓離断症 (IAA) の症例中, 術後3年以上の経過を観察できた13例 (CoA 10例, IAA 3例) に対し, 遠隔期の左上肢の発育, 皮膚温について検討を加えた. 経過観察期間は3~19年, 平均8年であった. 上腕・前腕長, 上腕・前腕・手首周径, 前腕容積の左右比率は, 上腕長 $96.4 \pm 3.1\%$, 前腕長 $95.9 \pm 2.6\%$, 上腕周径 $96.3 \pm 2.2\%$, 前腕周径 $95.8 \pm 2.5\%$, 手首周径 $94.7 \pm 1.9\%$, 前腕容積 $89.4 \pm 5.0\%$ と左側は右側に比し有意に低値を示した. また上腕・前腕周径, 前腕容積は, 術後9年以上経過例では9年未満例に比して有意に左/右比率が小さかった. thermography による前腕内側部の平均皮膚温は, 安静時には左右差がないものの, 運動負荷後 (60回/分の手の開閉運動) に右側では $32.7 \pm 0.4^\circ\text{C}$ から $32.9 \pm 0.4^\circ\text{C}$ へと有意に上昇した. しかし左側では温度の上昇は見られなかった. 以上より鎖骨下動脈の血流遮断は上肢の発育障害をもたらす, 運動時の血流障害を惹き起こす可能性があるため, CoA や IAA の手術においては, できるだけ鎖骨下動脈を温存するような術式を選択すべきと思われた.

大動脈縮窄症 (CoA) や大動脈弓離断症 (IAA) に対する手術法として, subclavian flap aortoplasty (SFA) や Blalock-Park 手術 (BP) は広く用いられている. これらの手術法は, 上記の疾患に対する修復法として有用な手段であるが, 左鎖骨下動脈の血流が遮断される事による手術後の左上肢の発育障害や血行障害が問題となる. 極端なものとして左上肢が壊死に陥った症例の報告¹⁾も見られている. そこで, これまでに行なったこれらの手術後の症例に対して, 上肢の発育状態や thermography による皮膚温の左右差より, 鎖骨下動脈の血流遮断が遠隔期に患肢に及ぼす影響について検討した.

対象と方法

症例は生後2年以内に SFA や BP による修復を

行った CoA, IAA の症例のうち, 術後3年以上経過した13例である. 疾患の内訳は CoA 10例, IAA 3例であった. 手術時年齢は生後6日から11カ月, 平均5.1カ月であり, SFA を8例に (いずれも CoA), BP を5例に (CoA 2例, IAA 3例) 施行した. 全例大動脈弓は左側であり, 左側の鎖骨下動脈を使用した. 手術後経過年数は3~19年, 平均8年であった. 右上肢と下肢血圧の収縮期圧較差は $0 \sim 52\text{mmHg}$, 平均 18mmHg であり, 40mmHg 以上の圧較差がみられた3例に対して, 術後2~4年目に balloon angioplasty による狭窄部拡大を行った. 利き腕は13例中11例が右腕であり, 左利きは2例のみであった. 対照群として3~15歳 (平均6歳) の健常児5例 (全例右利き) を用いた.

上肢の計測: 左右上肢について, 上腕と前腕の長さ, 上腕・前腕・手首の周径, 前腕の容積を Shenberger らの方法²⁾で計測した. 上腕の長さは体表面からの計測で肩峰から肘頭まで, 前腕の長さは肘頭から尺骨の茎

別刷請求先: (〒980) 仙台市青葉区星陵町1-1

東北大学医学部胸部外科 羽根田 潔

状突起までとした。上腕周径は肘頭から肩峰に向かって上腕の長さの1/4の部で、前腕周径は肘頭から尺骨の茎状突起に向かって前腕の長さの1/4の部で、手首の周径は橈骨、尺骨の茎状突起の直下部で計測した。前腕の容積の計測には、前腕を水に浸けて排水量を測定する water displacement 法を用いた。これらの計測は全例に対して同一の検者が行い、3回計測してその平均値をとった。

皮膚温の測定：室温24～26℃の下に両側上肢を10分間露出させておいた後に、前腕内側の皮膚温を thermography (TVS-3300 ME, 日本アビオニクス社) を用いて測定した。温度分布面積より平均温、放散熱量 (cal/cm²/h) を算出した。また皮膚温の測定は安静時、運動負荷直後の2回行い、運動負荷は1分間60回の手の開閉運動により行った。

これらの結果を t-test (paired, unpaired) により有意差検定を行い、p<0.05を有意差があるものとした。

結 果

1) 症状

本人または家族が左上肢の冷感を感じている症例は13例中7例 (54%) であり、同様に左上肢が右上肢に比べて短く感じている症例は6例 (46%) であった。利き腕が左側の症例中術後9年を経過した1例は、ペンキ塗装業に従事しており、仕事中の左腕の弱力感を訴えている。その他、術後9年目の1例 (右利き) も左上肢の弱力感を自覚している。

2) 上肢の長さ

上腕、前腕ともに右側が有意に長く、左右差はそれぞれ0.80±0.70cm, 0.76±0.50cm であった。また右側に対する左側の比率は、上腕、前腕それぞれ平均して96.4%, 95.9%であった(表1)。これらの長さの左右差と術後の経過年数との間には有意の相関は見られなかった。

3) 上肢の周径 (図1, 表1)

上腕、前腕、手首の左右差はそれぞれ0.73±0.53cm, 0.83±0.57cm, 0.72±0.29cm で、左/右比率は平均して96.3%, 95.8%, 94.7%と左側は右側に比し有意に小さかった。これらのうち上腕と前腕の周径は術後経過年数が長い程左右差が著明となった。上腕周径では、9年未満の症例の左/右比率が97.8±1.1%であったのに対して、9年以上経過例では94.5±1.6% (p<0.005) であり、前腕周径でも同様に97.2±0.6%に対して94.1±2.9%と9年以上経過例では有意 (p<0.025) に小さい周径を示した。

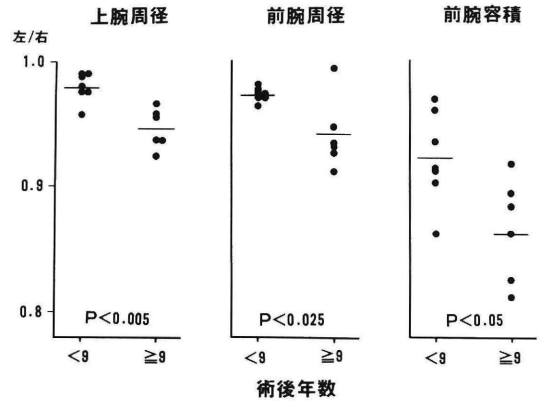


図1 上腕周径, 前腕周径, 前腕容積の経年的変化

表1 上肢の発育に関する計測値

	右	左	左/右 (%)
上腕長(cm)	23.3±5.0	22.5±5.1	(96.4±3.1)**
前腕長(cm)	18.7±4.1	17.9±4.0	(95.9±2.6)**
上腕周径(cm)	18.5±2.9	17.7±2.4	(96.3±2.2)**
前腕周径(cm)	18.4±2.9	17.6±2.5	(95.8±2.5)**
手首周径(cm)	13.3±1.8	12.6±1.6	(94.7±1.9)**
前腕容積(ml)	402.3±223.9	351.9±178.4	(89.4±5.0)*

**p<0.001 *p<0.01

4) 前腕の容積 (図1, 表1)

左前腕の容積は右側に比して有意に小さく、左右差は50.4±49.1mlであり左/右比率は平均して89.4±5.0%であった。前腕容積の左右差も経年的に増大する傾向を示し、術後9年未満の症例での左/右比率が92.2±3.7%であるのに対して、9年以上経過例では86.2±4.6%と9年以上経過例では有意 (p<0.05) に小さい容積を示した。

5) 前腕の皮膚温 (図2)

安静時の平均皮膚温は、右側32.7±0.4℃, 左側32.7±0.6℃で左右差は見られなかった。運動負荷後、右側は32.9±0.4℃へと有意 (p<0.05) に上昇したのに対し、左側では32.7±0.5℃と温度の上昇は見られなかった。安静時の放散熱量は右側、左側それぞれ4.44±0.28cal/cm²/h, 4.42±0.41cal/cm²/hと有意差は見られなかったが、運動負荷後には右側が4.56±0.32cal/cm²/hへと有意 (p<0.05) に増加したのに対して、左側では4.44±0.39cal/cm²/hと、有意の増加は見られなかった。

6) 対照群

上肢の長さ・周径, 前腕容積に左右差は見られなかつ

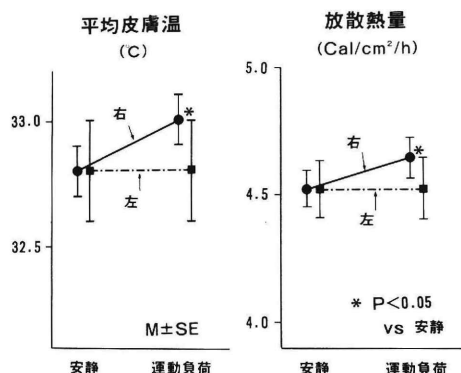


図 2 前腕内側部の平均皮膚温, 放散熱量

た。安静時の前腕皮膚温は、右側 $32.1 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 、左側 $32.1 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ で、運動負荷後にはそれぞれ $32.3 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 、 $32.4 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ へと有意に上昇した。放散熱量も安静時の右側 $5.27 \pm 0.77\text{cal/cm}^2/\text{h}$ 、左側 $5.25 \pm 0.16\text{cal/cm}^2/\text{h}$ から、運動時にはそれぞれ $5.39 \pm 0.75\text{cal/cm}^2/\text{h}$ 、 $5.44 \pm 0.78\text{cal/cm}^2/\text{h}$ へと有意に増加した。平均皮膚温、放散熱量に左右差は見られなかった。

考 案

SFA, BP や Blalock-Taussig 手術 (BT) のような鎖骨下動脈の血流を遮断する手術では、患肢の発育障害や血行障害がその合併症として挙げられている。まず発育障害であるが、これまでの多数の報告が見られ、いずれも患肢の発育障害が指摘されているが^{2)4)~7)}、今回の計測でも同様の結果が得られた。上肢の長さは体表面から計測したものであるが、X 線を用いた Currarino ら⁴⁾の計測でも同様であった。上腕、前腕ともに 0.8cm 前後の短縮が見られるが、経年的に増大する事はないようである。これに対して周径や容積には術後の経過年数により左右差が見られた。骨よりも筋肉や皮下組織などの軟部組織の方が血液供給に対する需要が多い為、変化が大きいとされている⁴⁾。しかし、今回の調査で 46% の症例が自・他覚的に患肢の短縮感を訴えてはいるものの、臨床的には余り問題にはなっていないようである。

血行障害に関しては、以前より重篤な障害の発現をみた症例の報告が見られている。Geiss ら¹⁾は SFA, BT を行った 2 歳と 4 歳の幼児例で患肢の壊死が見られたと報告し、Stewart ら³⁾は BT を行った乳児が上肢の虚血に陥り、それが原因で死亡した事、また術後 11 年目に上肢の阻血症状が出現し、頸動脈からのバイパス手術を要した症例を報告している。更に Ar-

ciniegas ら⁸⁾も BT 後に壊死に至らなかったものの、重篤な虚血症状の発現を見た乳児例を報告している。これらの重篤な血行障害が発現する頻度は低いものの、その危険性は十分考慮しなければならない。

SFA, BT 後の患肢の血流に関して種々の測定結果の報告が見られる。血流測定方法は Doppler 法⁹⁾、脈波³⁾¹⁰⁾、radioactive xenon clearance¹¹⁾などが用いられており、安静時と運動負荷時 (handgrip test⁹⁾¹⁰⁾、虚血状態下での手首の屈伸運動¹¹⁾ や一旦虚血状態にし解除後の reactive hyperemia の状態での観察³⁾⁶⁾などが行われている。その結果、Skovránek¹¹⁾や van Son ら⁶⁾は運動負荷や reactive hyperemia の状態では、患肢の血流は低下していると述べている。これに対し、Lodge ら⁹⁾は患肢の血流は鎖骨下動脈の血行途絶後 3 週間以内に健側の 70% 位に回復し、それ以後の悪化もないと述べ、Joyner¹⁰⁾や Shenberger ら³⁾は運動負荷や reactive hyperemia の状態でも、患肢の血流に有意の低下は見られなかったと報告している。このように患肢の血流に関しては一定の見解は得られていない。今回我々は thermography を用いて皮膚温を測定し、血流状態を間接的に推定したが、安静時には左右差はないものの運動負荷時に左右差が出現した。対象となった症例は年少者が多かった為に十分な負荷が加えられず、手の開閉といった温和な負荷であったが、皮膚温の変化に左右差が見られた。十分な負荷が加えられたならば、左右差が更に顕著になる事が想像された。また今回の症例中、左利きの成人が作業中の患肢の脱力感を訴えている事からみても、鎖骨下動脈の血流途絶の影響は無視できないものとおもわれる。

以上の結果より、SFA や BP は軽度ではあるが患肢に発育障害を惹き起こし、また運動時の血行障害を起こす可能性がある事が確認された。従って CoA や IAA の手術に際しては、できるだけ鎖骨下動脈の血流を温存するような術式を選択すべきと思われる。可能な限り大動脈弓一下行大動脈端々吻合術を用いており、上下肢の有意の圧較差、上肢の発育障害もなく、良好な結果が得られている¹²⁾。

本論文の要旨は第 27 回日本小児循環器学会総会 (山形, 1991) で報告した。

本研究にあたり、技術的援助を戴いた伊東メデックスの伊東 紘氏、コールメディカの高橋明則氏に深謝致します。

文 献

1) Geiss, D., Williams, W.G., Lindsay, W.K. and Rowe, R.D.: Upper extremity gangrene. A

- complication of subclavian artery division. *Ann. Thorac. Surg.*, 30 : 487—489, 1980.
- 2) Shenberger, J.S., Prophet, S.A., Waldhausen, J. A., Davidson, W.R. Jr. and Sinoway, L.I. : Left subclavian flap aortoplasty for coarctation of the aorta. Effects on forearm vascular function and growth. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 14 : 953—959, 1989.
 - 3) Stewart, S., Alexson, C., Manning, J., Oakes, D. and Eberly, S.W. : Long-term palliation with the classic Blalock-Taussig shunt. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 96 : 117—121, 1988.
 - 4) Currarino, G. and Engle, M.A. : The effects of ligation of the subclavian artery on the bones and soft tissues of the arms. *J. Pediatr.*, 67 : 808—811, 1965.
 - 5) Todd, P.J., Dangerfield, P.H., Hamilton, D.I. and Wilkinson, J.L. : Late effects on the left upper limb of subclavian flap aortoplasty. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 85 : 678—681, 1983.
 - 6) van Son, J.A.M., van Asten, W.N.J.C., van Lier, H.J.J., Daniëls, O., Vincent, J.G., Skotnicki, S.H. and Lacquet, L.K. : Detrimental sequelae on the hemodynamics of the upper left limb after subclavian flap angioplasty in infancy. *Circulation*, 81 : 996—1004, 1990.
 - 7) 岡 隆治, 土田 晃, 斉藤 隆, 境野環樹 : 大動脈縮窄症術後の上肢血圧および上肢長への影響について. *日小循誌*, 7 : 72, 1991.
 - 8) Arciniegas, E., Blackstone, H., Pacifico, A.D. and Kirklin, J.W. : Classic shunting operations as part of two-stage repair for tetralogy of Fallot. *Ann. Thorac. Surg.*, 27 : 514—518, 1979.
 - 9) Lodge, F.A., Lamberti, J.J., Goodman, A.H., Kirkpatrick, S.E., George, L., Mathewson, J.W. and Waldman, J.D. : Vascular consequences of subclavian artery transection for the treatment of congenital heart disease. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 86 : 18—23, 1983.
 - 10) Joyner, M.J., Chase, P.B., Allen, H.D. and Seals, D.R. : Response of upper limb blood flow to handgrip exercise after Blalock-Taussig operation (for tetralogy of Fallot) or subclavian flap operation (for aortic isthmus coarctation). *Am. J. Cardiol.*, 63 : 1379—1384, 1989.
 - 11) Skovráněk, J., Goetzová, J. and Samánek, M. : Changes in muscle blood flow and development of the arm following the Blalock-Taussig anastomosis. *Cardiol.*, 61 : 131—137, 1975.
 - 12) 東郷孝男, 羽根田潔, 貞弘光章, 鈴木康之, 毛利平, 尾形 寛 : 1歳未満の大動脈縮窄症の手術症例の検討. 第27回日本小児外科学会総会(松山, 1990年4月)で発表.

Long-Term Effects of Subclavian Flap Aortoplasty and Blalock-Park Operation Using the Left Subclavian Artery on the Left Upper Limb

Kiyoshi Haneda, Naoshi Sato, Takao Togo, Makoto Miura, Masaki Hata and Hitoshi Mohri
Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Tohoku University School of Medicine

Long-term effects on the left upper limb after subclavian flap aortoplasty (SFA) and Blalock-Park operation (BP) using the left subclavian artery for coarctation of the aorta and interruption of the aortic arch were evaluated in 13 patients who underwent surgical repair before the age of 2 years. Postoperative follow-up period ranged from 3 to 19 years (average 8 years). Left upper limb anthropometric measurements showed a 4~5% reduction in length and circumference, and a 11% reduction in forearm volume. Thermographical measurements of the forearm skin temperature demonstrated a significant increase in the right side after exercise, whereas no temperature increase in the left forearm. From these results it is concluded that SFA and BP impair growth and may cause vascular function impairment at exercise in the altered upper limb.