

<Editorial Comment>

Fontan 手術と肺血管抵抗

大阪大学医学部小児科 佐野 哲也

Fontan 手術の適応基準のうち肺血管床と心室機能に関する条件が重要である。肺血管床に関する3つの基準、肺動脈圧・肺動脈サイズ・肺血管抵抗、の中でも肺血管抵抗は最も重要視されている。Fontan circulation の長期予後を考えると、Choussat らの4単位未満という条件¹⁾は不十分で、3単位あたりを上限とし、2単位前半までが望ましいとする施設が多い。問題は肺血管抵抗が正確に評価できない場合が決して少なくないことである。肺血管抵抗を算出するためには肺血流量と transpulmonary pressure gradient (通常肺動脈圧-左房圧) を求める必要があるが、心奇形の形態・姑息術の影響・独得の血行動態によりそれらの計測が難しい場合が多い。例えば左右肺動脈が別の血流供給を受けている場合が典型で(例えば右肺動脈は心室から左肺動脈はBT シェントから)、左右肺動脈の離断がなくても体肺動脈短絡が片寄っている場合や Glenn 短絡術後も同様である。また transpulmonary pressure gradient が左右肺で異なる場合も通常の方法では肺血管抵抗を算出できない。

朴らの論文はこの点について正確な全肺血管抵抗を算出する新しい方法を紹介している。すなわち左右個別に肺血流量と transpulmonary pressure gradient を求めた上で左右の肺血管抵抗を別々に算出し、異なる抵抗の並列回路における全抵抗として全肺血管抵抗を算出する。左右の肺血流量比は Fick 法で求めた全肺血流を肺血流シンチグラムの左右のカウント比から比例配分して算出する。全肺血管抵抗の計算方法は、簡単な並列抵抗の電気回路モデルの全抵抗を求める要領と同じで理論的にも疑問の余地はないであろう。左右別々に肺血管抵抗を算出する際、左右の肺血流量をいかに正確に求めるかがポイントとなるが、この算出に肺血流シンチグラムを用いた点も、現時点で最も正確に左右比が決定できる方法として極めて妥当である。本論文が最初の報告だが、この方法で実際に Fontan 手術の適応判定を行っている施設も既にあるかとも思う。

問題は本法の妥当性の根拠として術前術後の肺血管抵抗値が肺動脈離断・狭窄のないコントロール群と有意差がなく、同じように術後肺血管抵抗が増加したという事実と手術成績(死亡がなかったという事実)しかあげられていないことである。Fontan 術後の肺血管床の機能的変化についてすべて明らかになったわけではないが、動物実験および臨床研究ともに Fontan 術後またはそのモデル実験では肺血管抵抗は増大するという報告が多い²⁾⁻⁵⁾。我々の Fontan 術後症例での検討では、術後肺血管抵抗は平均で1.0~1.6単位も増大し、2単位以上増加する症例も経験する⁴⁾⁵⁾。従って術後肺血管抵抗が増大したからと言って新しい肺血管抵抗算出法の妥当性とはなりにくい。従来の方で算出した値と比較しても術後血管抵抗値は増大すると思われる。急性期の手術死亡も新しい肺血管抵抗算出法の正当性の根拠とするにはほど遠い。もう少し直接的な根拠を示して頂けなかったのは残念である。

Fontan 術後肺血管抵抗が増大する原因については非常に興味深いのが、未だ明らかでない点も多い。生理学的な基本原理として定常流より拍動流のほうが同じ抵抗の血管床により多くの流量を灌流できることが知られている。しかし Fontan 術後になぜ肺血管抵抗が上昇するのか、肺抵抗血管が本当に収縮しているのか、またその原因として肺血流の拍動性の低下だけで説明できるのかについては未だ不明である。

体肺側副血行の発達については論文中にも少し言及されているが、肺血管抵抗値に大きな影響を及ぼす上にそれ自体が Fontan 手術のリスクとなる点で重要である。肺動脈閉鎖では著者らが言うように Fick 法による肺血流量の算出が可能である。しかし体肺側副血行の発達は限られた区域分枝に認めることが多い。このような症例では術前肺血流量は多く、一方側副血行の発達した区域の肺動脈圧上昇は全体の肺動脈圧に反映されないことが多いため肺血管抵抗は低値に算出される。Fontan 術後にはその区域の血流はないか、側副血行が残存するため、結局有効な Fontan circulation が成立する肺血管床は減少する。これは明らかな Fontan 手術のリス

クで側副血行が多いほど高くなる⁹⁾。つまり朴らの方法で正確に肺血管抵抗は算出できるが肺血管抵抗値そのものが肺血管床の発育を誤って評価することから Fontan 手術の適応決定には他の評価法が必要となる。我々は術前の肺血管造影像でウォッシュ・アウト像を認める体肺側副血行の発達した本数を計測し、肺血管抵抗を補正して手術適応を判定している⁹⁾。

この様に肺血管抵抗は Fontan 手術の必須条件でありながら、その評価法と測定値の解釈には問題点が多い。さらに Fontan circulation 成立後の肺血管抵抗の変化(肺血管床の運命)を含め明らかにすべき点は数多く残されている。最後にこの editorial comment はあくまで Fontan 手術後の肺血管抵抗の変化は、術前評価の誤差より大きいことについて述べたものであり、朴らの論文の主題とする肺血管抵抗の算出法の理論的正当法ならびに臨床的重要性について何ら問題とするものではないことを再度強調しておきたい。

文 献

- 1) Choussat A, Fontan F, Besse P, Vallot F, Chauve A, Bricaud H: Selection criteria for Fontan's procedure, in Anderson RH, Shinebourne EA (ed): *Pediatric Cardiology*. Churchill Livingstone, Edinburgh, 1978, pp559-566
- 2) Jonson EH, Bennet SH, Goetzman BW: The influence of pulsatile perfusion on the vascular properties of the newborn lamb lung. *Pediatr Res* 1992; 31: 349-53
- 3) Haneda K, Konnai T, Sato N, Nicoloff NN, Mohri H: Acute hemodynamic changes after Fontan operation: An experimental study. *Tohoku J Exp Med* 1993; 169: 113-9
- 4) Matsushita T, Matsuda H, Ogawa M, Ohno K, Sano T, Nakano S, Shimazaki Y, Nakahara K, Arisawa J, Kozuka T, Kawashima Y, Yabuuchi H: Assessment of the intrapulmonary ventilation-perfusion distribution after the Fontan procedure for complex cardiac anomalies: Relation to pulmonary hemodynamics. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 842-8
- 5) 松下 享, 佐野哲也, 中島 徹, 萱谷 太, 稲村 昇, 飯尾雅彦, 島崎靖久, 中埜 薫, 松田 暉, 岡田伸太郎: 複雑心奇形に対する Fontan 型術後の肺循環動態に関する研究—術後近接期の変化について—. *日小循誌* 1992; 7: 641-7
- 6) Ichikawa H, Yagihara T, Kishimoto H, Isobe F, Yamamoto F, Nishigaki K, Matsuki O, Fujita T: Extent of aortopulmonary collateral blood flow as a risk factor for Fontan operations. *Ann Thorac Surg* 1995; 59: 433-7
- 7) Serraf A, Houyel L, Nicolas F, Lacour Gayet F, Bruniaux J, Petit J, Uva MS, Roux D, Planche C: Pulmonary circulation evaluation before cavopulmonary connections: The cavopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1994; 58: 1096-102
- 8) Shimazaki Y, Tokuan Y, Lio M, Nakano S, Matsuda H, Blackstone EH, Kirklin JW, Shirakura R, Ogawa M, Kawashima Y: Pulmonary artery pressure and resistance late after repair of tetralogy of Fallot with pulmonary atresia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; 100: 425-40