

완전순환정지와 심근허혈 없이 시행한 변형 Norwood 술식

- 2 례 보고 -

백 만 종* · 김 응 한* · 전 양 빈* · 김 수 철* · 공 준 혁* · 류 재 옥* · 오 삼 세*
나 찬 영* · 김 양 민** · 이 재 영*** · 이 석 기* · 김 옥 성* · 이 창 하*
이 영 탁* · 윤 용 웅**** · 박 영 관* · 김 종 환*

=Abstract=

Modified Norwood Procedure without Circulatory Arrest and Myocardial Ischemia

- Report of 2 cases -

Man Jong Baek, M.D.*, Woong-Han Kim, M.D.*, Yang Bin Jeon, M.D.*, Soo Cheol Kim, M.D.*,
Joon Hyuk Kong, M.D.*, Jae Wook Ryu, M.D.*, Sam Se Oh, M.D.*, Chan Young Nah, M.D.*,
Yang Min Kim, M.D.***, Jae Young Lee, M.D.***, Seog Ki Lee, M.D.*, Wook Sung Kim, M.D.*,
Chang-Ha Lee, M.D.*, Young Tak Lee, M.D.*, Yong Woong Yoon, M.D.****,
Young Kwan Park, M.D.*, Chong Whan Kim, M.D.*

The effects of deep hypothermia and circulatory arrest during aortic arch reconstruction are associated with potential neurologic and myocardial injury. We describe a surgical technique that two patients underwent a modified Norwood procedure without circulatory arrest and myocardial ischemia. One was 13-day-old female patient, weighing 3.1kg, having a variant of hypoplastic left heart syndrome and another was 38-day-old male patient, weighing 3.4 kg, diagnosed Taussig-Bing anomaly with severe aortic arch hypoplasia, coarctation of the aorta, and subaortic stenosis. The arterial cannula was inserted in innominate artery directly. During Norwood reconstruction, regional high-flow perfusion into the innominate artery and coronary perfusion were maintained and there were no neurologic, cardiac, and renal complications in two patients. This technique may help protect the brain and myocardium from ischemic

*흉부외과, 부천세종병원, 세종심장연구소

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Sejong General Hospital, Sejong Heart Institute, Puchon, Korea

**방사선과, 부천세종병원, 세종심장연구소

Radiology, Sejong General Hospital, Sejong Heart Institute, Puchon, Korea

***소아과, 부천세종병원, 세종심장연구소

Pediatric Cardiology, Sejong General Hospital, Sejong Heart Institute, Puchon, Korea

****경희의료원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, KyungHee University Medical Center

† 제 202차 대한흉부외과학회 월례집담회에서 구연되었음

논문접수일 : 2001년 6월 11일 심사통과일 : 2001년 7월 7일

책임저자 : 김응한(422-711) 경기도 부천시 소사구 소사본 2동 91-121, 부천세종병원 흉부외과 (Tel) 032-340-1882, (Fax) 032-340-1236

E-mail : woonghan@korea.com

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

injury in patients with hypoplastic left heart syndrome or other arch anomalies including coarctation or interruption.

(Korean Thorac Cardiovasc Surg 2001;34:547-51)

Key words : 1. Heart arrest, induced
2. Total circulatory arrest, induced
3. Norwood procedure
4. Surgery method
5. Catheterization, peripheral

증 례 1

생후 5일 된 여아로 체중은 3.1 kg이었고 심부전 증세로 입원하여 수술전 PGE1과 dopamine을 투여받았다. 심장초음파 검사에서 (S,D,S)에 좌측 대동맥궁 소전을 보였고, 원위부 대동맥궁의 심한 발육부전을 동반한 대동맥 축착증(직경 1.5 mm)과 이첨판으로 된 대동맥 판막(4.5 mm) 및 좌심실유출로 협착(3.5 mm), 심실중격결손, 심방중격결손, 주로 우-좌 단락을 보이는 큰 동맥관이 관찰되어 좌심형성부전증후군의 이형(hypoplastic left heart variant)으로 진단되었다. 흉부컴퓨터 단층촬영에서도 비슷한 소견을 보였다(Fig. 1).

생후 13일째 수술을 하였다. 우측 요골동맥을 통해 혈압을 감시하였고, 정중 흉골절개 후 상하지 동맥관류를 위해 8 Fr straight 캐놀라(Baxter Healthcare Cor., Irvine, USA) 2개를 동맥관 및 우측 무명동맥에 각각 삽입하였고 16 Fr right-angled 정맥관을 우심방이에 삽입하여 심폐기를 가동하여 고혈류(high-flow) 체외순환을 유지하였다. 캐놀라 근위부의 동맥관을 결찰 분리후 상하행 대동맥 및 대동맥궁을 충분히 박리하여 문합시 장력이 최소화하도록 하였다. 일시적인 저혈류(low-flow) 체외순환하에서 우심방 절개 후 심방중격절제술을 시행한 다음 다시 순환 혈류량을 정상적으로 유지하였다. 무명동맥에 삽입한 동맥 캐놀라에 3-way 록 및 작은 도관을 연결하여 동맥 혈류가 이 도관을 통해서 대동맥 근부에도 공급될 수 있도록 대동맥 근부에 18 G의 작은 관을 삽입하였고 원위부궁을 결찰, 분리하였다. 체온을 낮추는 동안 주폐동맥을 좌우 폐동맥 분지 직전에서 절단하고 원위부는 자가심장 패취를 이용하여 폐쇄하였다. 직장체온을 12℃까지 내린 다음 동맥관에 삽입한 동맥 캐놀라를 제거하고 하행대동맥 근위부를 검자한 다음 모든 동맥관 조직을 완전히 절제하였고 좌측 경동맥과 쇄골하동맥을 일시 결찰하였다. 그리고 무명동맥 근위부와 작은 관을 삽입한 대동맥 근부 직상방에 혈관검자를 각각 가하고 무명동맥과 관상동맥을 통한 혈류량을 70 ml/kg/min의 중등도의 국소 저혈류(regional moderate low-flow) 순환 상태에서 대동맥궁 재건술을 시행하

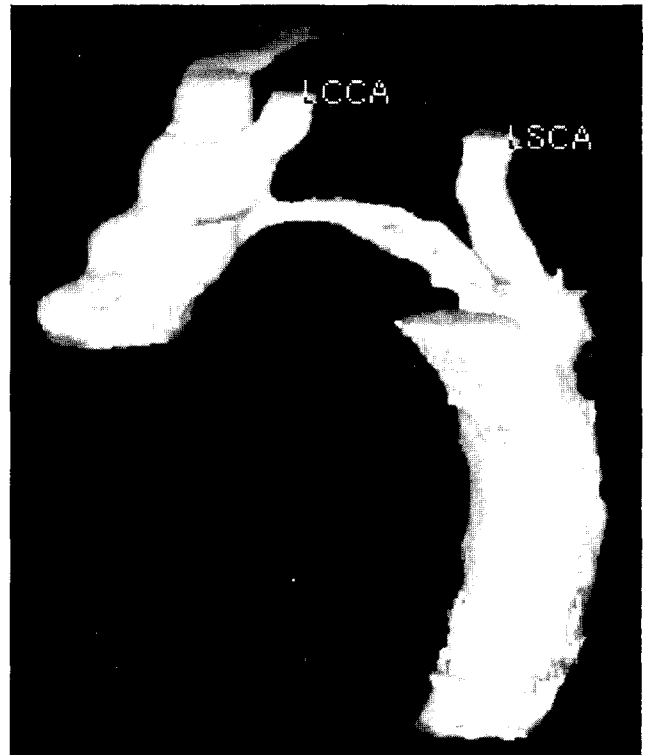


Fig. 1. Preoperative oblique sagittal shaded surface display (SSD) image of aorta seen from left side shows severe hypoplasia of aortic arch. The distal portion of aortic arch between the left common carotid artery(LCCA) and left subclavian artery(LSCA) is markedly elongated. Large patent ductus arteriosus(black arrow) was removed for visualization of aortic arch.

였다(Fig. 2). Norwood 수술은 Mee 등^{1,2)}이 소개한 방법으로 인공조직을 이용하지 않고 오직 자가조직만을 이용하는 Native tissue-to-tissue 문합 방법으로 하였다. 모든 문합은 7-0 Prolene(polypropylene monofilament, Sherwood Davis & Geck, St. Louis, USA) 을 사용하였으며 대동맥궁 재건 후 대동맥 근부 캐놀라로 공기를 제거한 다음 정상 혈류 순환을 유지하였다. 처음 동맥관에 삽입하였던 동맥 캐놀라를 주폐동맥

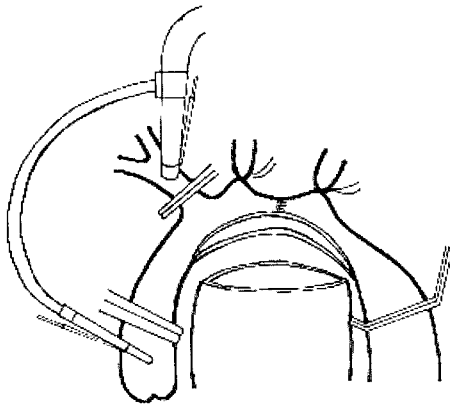


Fig. 2. Operative diagram of modified Norwood procedure without circulatory and cardiac arrest. High-flow perfusion to the innominate artery supplies cerebral blood flow and side-flow from the arterial inflow line supplies coronary perfusion during aortic reconstruction. Arch reconstruction is accomplished using anastomosis of the native aortic tissue-to-native pulmonary arterial tissue.

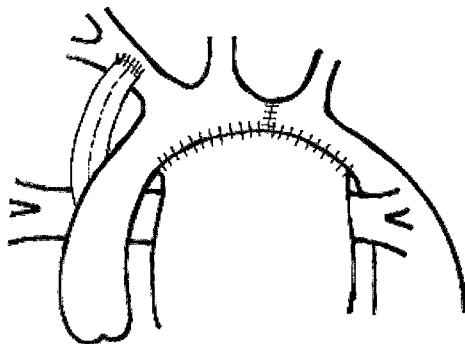


Fig. 3. Schematic diagram after completion of the aortic arch reconstruction and a right modified Blalock-Taussig shunt with 3 mm expanded polytetrafluoroethylene (PTFE) graft between innominate artery and right pulmonary artery.

에 다시 삽입한 뒤 무명동맥의 캐놀라는 제거하였다. 체온을 올리는 동안 3 mm PTFE(expanded polytetrafluoroethylene, W.L. Gore & Ass. Inc. Flagstaff, USA) 인조혈관으로 무명동맥-폐동맥 단락술을 8-0 Prolene으로 시행하였다(Fig. 3). 체외순환 시 pH-stat를 하였고 총체외순환시간은 161분이었고 완전순환정지나 대동맥차단으로 인한 심근 허혈은 없었으며 하행 대동맥 차단 시간은 60분이었다. 환자의 심실기능은 매우 좋았으며 심폐기 이탈에 어려움이 없었고 혈액학은 안정한 상태였으며 흉골 봉합을 마친 후 중환자실로 이송되었다. 술후



Fig. 4. Follow-up SSD image seen from left superior side shows wide anastomosis(blank arrow) between aortic arch and main pulmonary artery and a right modified Blalock-Taussig shunt(black arrow). ASA, ascending aorta

저용량의 dopamine, nitroglycerine, epinephrine 및 fentanyl과 norcuron을 지속적으로 투여하고 인공호흡기를 조절하여 Qp/Qs 균형을 유지하여 폐혈류 및 심박출량을 유지하였다. 소변량은 잘 유지되어 복막투석은 하지 않았다. 술후 심장초음파 검사에서 심실기능은 좋았으며 혈액학은 안정적이었다. 술후 6일째 초음파로 좌측 횡경막 마비를 확인한 후 횡경막 주름성형술(plication)을 하였고 7일째 어려움없이 인공호흡기를 이탈하였으며 술후 17일째 퇴원하였다.

증 례 2

임신 38주만에 제왕절개술로 태어난 환이는 생후 33일 된 남아로 체중은 3.4 kg이었으며 청색증과 호흡곤란을 주소로 본원으로 전원되었다. 입원 후 dopamine을 정주하였으며 산소를 투여하는 상태에서 SaO₂는 64%였다. 심장초음파 검사에서 (S,D,D)와 좌측 대동맥궁 소견을 보였고, 전반적인 대동맥궁 발육부전을 동반한 대동맥 축착증과 큰 심실중격결손을 가진 Taussig-Bing 기형이었다. 누두부 중격이 대동맥

판막하부쪽으로 치우쳐 있으면서 삼첨판막의 건삭들이 이 누두부 중격에 광범위하게 부착되어 심한 대동맥판막하부 협착을 보였다. 상행대동맥과 주폐동맥은 직경이 각각 8.5 mm와 16 mm였으며 심방중격결손은 작았으며 원위부 대동맥궁은 3.6 mm, 그리고 축착증 부위는 3.6 mm이었다. 환자는 지속되는 청색증으로 내원 다음날 심도자를 하여 풍선을 이용한 심방중격절개술을 하였으나 저산소증이 지속되었다. 대동맥궁의 심한 발육부전과 대동맥 축착증, 그리고 좌심실유출로 협착으로 현 상태에서 양심실성 교정이 어렵다고 판단되어 생후 1개월 8일째 변형 Norwood 술식을 시행하였다. 수술은 증례 1과 같은 방법으로 하였으며 8 Fr 동맥 캐놀라를 우측 무명동맥에 삽입하였다. 순환정지와 심근허혈 없이 변형 Norwood 술식을 시행한 다음 대동맥 차단 및 심정지액 (del Nido cardioplegic solution) 주입 후 심방중격절개술을 시행하였다. 그리고 일시적인 순환정지하에서 무명동맥에 삽입한 동맥 캐놀라를 주폐동맥으로 옮겨 삽입하고 체외순환을 다시 시작하였다. 체온을 올리는 동안 8-0 Prolene을 사용하여 3.5 mm PTFE 인조혈관으로 우측 무명동맥-폐동맥 단락술을 시행하였다. 총체외순환시간은 181분이었고 완전순환정지 2분, 대동맥차단 시간 8분, 하행대동맥 차단 시간은 70분이었다. 환자는 심폐기 이탈 후 혈액학은 안정적이었으며 흉골 봉합 후 중환자실로 이송되었다. 수술 후 시행한 심장초음파 검사에서 심실기능은 좋았으며 수술 후 4일째 어려움없이 인공호흡 이탈이 가능하였다. 수술 후 18일째 시행한 컴퓨터단층 혈관조영 촬영에서 변형 Norwood 술식의 문합 부위는 잘 유지되었고(Fig. 4) 수술 후 26일째 퇴원하였다.

고 찰

Norwood 수술과 같은 대동맥궁 재건술에서 뇌 보호를 위한 초저체온하 순환정지는 기본적으로 사용되고 있다³⁾. 그러나 Hickey 등⁴⁾은 이러한 방법이 수술 후 신경학적 부작용을 초래할 수 있다고 하였고, Bellinger 등⁵⁾은 초저체온하에서 순환정지 방법보다 국소 저혈류 순환을 이용한 지속적인 뇌 관류가 더 효과적이라고 하였다. 그리고 일부에서 대동맥궁 재건술에서 완전순환정지를 피하려는 시도가 있었다. 1996년 Asou 등⁶⁾은 PTFE 인조혈관을 무명동맥에 문합하거나 무명동맥에 특별히 고안된 작은 금속성 캐놀라를 삽입하고 선택적 뇌관류를 지속적으로 하여 순환정지없이 대동맥궁 재건술을 하였다고 보고하였다. Pigula 등⁷⁾도 이와 유사한 방법으로 순환정지를 줄일 수 있다고 보고하고, 수술 중 뇌 산소 포화도 및 상대적 뇌 혈액량 지수를 측정된 결과 뇌 대사에 필요한 생리학 적 혈류량이 유지되었다고 하였다. 그는 이러한 결과는 신생아에서 Circle of Willis를 통한 두개강내

측부순환과 척추동맥, 내흉동맥, 늑간동맥과 같은 두개강외 측부순환이 성인에 비해 매우 발달된 상태이기 때문에 가능하다고 주장하였다. 최근에 Tchervenkov 등⁸⁾은 동맥 캐놀라를 폐동맥에 삽입하여 우폐동맥, 체-폐동맥 단락을 통해 국소적인 저혈류 순환을 유지하는 방법을 보고하였다.

본원에서도 최근 대동맥궁 재건 동안 뇌 보호를 위해 무명동맥에 직접 동맥 캐놀라를 직접 삽입하는 방법을 사용하고 있으며 2000년 초부터 지금까지 20명의 대동맥궁 기형 및 좌심형성부전증후군의 이형 환자들에서 적용하여 수술 후 신경학적 혹은 심근 및 신 기능 손상없이 정상적인 회복을 보였다. 이러한 결과는 Pigula 등⁷⁾이 주장하였던 신생아에서의 풍부한 두 개강 내외의 측부순환에 기인한 것으로 생각된다. 본 예에 사용한 방법은 무명동맥 크기가 삽관이 가능한 일부 환아에 적용시 술기가 간단하고 순환정지를 피하면서 대동맥궁 재건술을 시행할 수 있는 장점이 있다. 그러나 체중이 적거나 무명동맥이 작은 경우 8 Fr 동맥 캐놀라를 직접 삽관하기 어려울 수 있고 또한 삽입한 캐놀라를 적절히 고정하는 데 어려움이 있을 수 있다. 이러한 경우 본원에서는 5 Fr angiocath sheath를 사용하였는데 한 대체 방법이 될 수 있을 것으로 생각되고 다른 보고에서 보듯이 무명동맥에 PTFE를 문합하고 캐놀라를 연결하는 것도 한 방법이라고 여겨진다. 그러나 본원에서 사용하고 있는 방법이 환자들에서 특별한 부작용을 초래하지 않았다 할지라도 적절한 국소 혈류량과 초저체온하에서의 안전한 저혈류 시간 및 뇌 과혈류 문제 등에 대해서는 실험 및 임상 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Fraser CD, Mee RBB. Modified Norwood procedure for hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg* 1995; 60:S546-9.
2. Poirier NC, Drummond-Webb JJ, Hisamochi K, Imamura M, Harrison AM, Mee RBB. Modified Norwood procedure with a high-flow cardiopulmonary bypass strategy results in low mortality without late arch obstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;120:875-84.
3. Bove EL. Current status of staged reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. *Pediatr Cardiol* 1998;19: 308-15.
4. Hickey PR. Neurologic sequelae associated with deep hypothermic circulatory arrest. *Ann Thorac Surg* 1998;65: S65-9.
5. Bellinger DC, Jonas RA, Rapaport, et al. Developmental and neurologic status of children after heart surgery with hypothermic circulatory arrest or low-flow cardiopulmonary bypass. *N Eng J Med* 1995;332:549-55.

6. Asou T, Kado H, Imoto Y, et al. *Selective cerebral perfusion technique during aortic arch repair in neonates.* Ann Thorac Surg. 1996;61:1546-8.
7. Pigula FA, Siewers RD, Nemoto EM. *Regional perfusion of the brain during neonatal aortic arch reconstruction.* J Thorac Cardiovasc Surg 1999;117:1023-24.
8. Tchervenkov CI, Chu VF, Shum-Tim D, Laliberte E, Reyes TU. *Norwood operation without circulatory arrest: A new surgical technique.* Ann Thorac Surg 2000;70:1730-3.

=국문초록=

대동맥궁 재건술시 시행하는 완전순환정지는 술후 신경학적 손상과 관련된다. 저자들은 국소 순환으로 뇌와 심근혈류를 유지하면서 완전순환정지를 시키지 않고 시행한 변형 Norwood 술식을 2명에서 시행하였기에 보고한다. 한 명은 체중이 3.1 kg인 생후 13일된 여아로서 좌심형성부전증후군의 이형 환자였고 다른 한 명은 생후 38일된 체중 3.4 kg의 남아로서 심한 대동맥 발육부전 및 축착증과 좌심실유출로 협착을 동반한 Taussig-Bing 기형이었다. 두 환자 모두 무명동맥에 직접 동맥캐놀라를 삽관한 다음 저체온 상태에서 무명동맥과 관상동맥 혈류를 유지하면서 Norwood 술식을 시행하였으며 두 명 모두 술후 신경학적, 심장 혹은 신기능 합병증은 없었다. 이 방법은 좌심형성부전증후군이나 대동맥 축착증 혹은 단절증과 같은 대동맥궁 기형 환자의 수술시 완전순환정지로 인해 발생될 수 있는 허혈성 손상으로부터 뇌와 심장을 보호할 수 있는 한 방법으로 생각된다.

- 중심 단어: 1. 완전순환정지
2. Norwood 술식
3. 무명동맥 삽관