

심폐보조순환술을 이용한 경피적 관동맥 풍선 확장술

연세대학교 의과대학 심장혈관센터 심장내과학교실, 흉부외과학교실,* 마취과학교실**

하종원 · 조승연 · 심원흠 · 김한수 · 권혁문 · 정남식 · 김성순
강경훈* · 박영환* · 강면식* · 홍용우**

= Abstract =

Cardiopulmonary Support for High Risk Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty

Jong-Won Ha, M.D., Seung-Yun Cho, M.D., Won-Heum Shim, M.D.,
Han-Soo Kim, M.D., Hyuck-Moon Kwon, M.D., Namsik Chung, M.D.,
Sung-Soon Kim, M.D., Kyung-Hoon Kang, M.D.,* Young-Hwan Park, M.D.,*
Meyun-Sik Kang, M.D.,* Yong-Woo Hong, M.D.**

Cardiology Division, Yonsei Cardiovascular Center, Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea

*Department of Cardiothoracic Surgery, Yonsei Cardiovascular Center, Yonsei University, College of Medicine,
Seoul, Korea**

*Department of Anesthesiology, Yonsei Cardiovascular Center, Yonsei University, College of Medicine,
Seoul, Korea***

The addition of femoral-femoral cardiopulmonary bypass in the cardiac catheterization laboratory to support the high risk patient is a challenging new frontier for percutaneous transluminal coronary angioplasty. We report our first experience of successful supported angioplasty in patient presented with exertional angina and orthopnea who had multi-vessel coronary artery disease with depressed left ventricular ejection fraction. Although cardiopulmonary support provides excellent support for high-risk patient, CPS is a technically challenging and expensive procedure associated with significant patient morbidity or complication. Despite its drawbacks, CPS has been shown to help save the lives of selected patients undergoing high-risk procedures.

KEY WORDS : Cardiopulmonary support · Percutaneous transluminal coronary angioplasty.

서 론

관동맥 협착 질환의 중재적 시술로서 경피적 경혈관 관동맥 확장 성형술(percutaneous transluminal coronary angioplasty, 이하 PTCA)은 1977년 Gruentzig¹⁾에 의하여 처음 시도된 이래로 관동맥 질환의 치료에서 우선 고려되며 널리 활용되고 있는 유용한 시술이다.

PTCA가 시행되기 시작한 초기에는 시술의 대상이 단일혈관 질환이면서 단일병변에 proximal, discrete한 병소에 국한되었으나 최근에는 많은 기구와 술자의 기술 발전등으로 불완전성 협심증, 다혈관 질환, 심한 좌심실 기능 장애 혹은 심인성 쇼크와 같은 환자에 게도 그 범위가 확대되어 시행되고 있다²⁻⁵⁾. 그러나 이와 같은 환자에서의 PTCA는 높은 시술 전후의

합병증 및 시술과 관련된 사망율을 동반 할 수 있다^{3,6)}. 위험도가 적은 환자가 PTCA를 상대적으로 잘 견디는 반면에⁷⁾ 높은 위험군 환자에서 풍선 확장으로 인한 관동맥의 폐쇄는 어렵게 적응하고 있는 심근에 심한 허혈성 부담을 줌으로 인하여 궁극적으로 혈역학적 collapse를 초래하게 된다. 특히 급성 폐쇄(abrupt closure)의 경우 높은 위험군 환자의 경우 응급 관동맥 우회술까지의 시간도 견디지 못하는 경우가 흔하다^{8,9)}. 또한 좌심실의 기능이 아주 감소되어 있거나 우회하고자 하는 혈관의 원위부가 좋지 않은 경우 및 심혈관계 이외의 원인으로 관동맥 우회술의 금기로 생각되는 환자들에게는 높은 위험에도 불구하고 PTCA가 유일한 치료 방법으로 남는다. 여러가지 새로운 기구들이 이와 같은 높은 위험도를 가진 PTCA 도중에 관상동맥 및 전신의 순환을 보조하기 위해 사용되고 있다. 그 중 심폐보조순환술(cardiopulmonary support)이 개발되어 그 유용성이 보고되고 있다¹⁰⁻¹⁴⁾.

저자들은 심한 좌심실 기능부전과 다혈관 관동맥 질환을 가진 1 예의 환자에서 PTCA의 고위험군으로 생각되어 부분적인 심폐보조순환을 시행하면서 PTCA를 성공적으로 시행하여 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

환 자 : 최○일, 남자 62세.

병 력 : 1987년 8월 급성 측벽 심근경색으로 유로키나제 2,000,000 단위 투여 받음. 이 당시 관동맥 조영술상 좌전하행지 근위부에 약 80%, 좌회선동맥 근위부에 80%의 내경 협착 소견이 있었다. 좌심실 조영술상 전측벽, 심첨부 및 횡격막부에 심한 운동 장애가 관찰되었으며 좌심실 구혈율이 47%, 좌심실 확장말기압이 10mmHg였다. 1990년 9월 급성 전벽 심근경색으로 입원하여 유로키나제 3,000,000 단위 투여 받았으며 submaximal exercise 검사상 7 METS의 운동 능력을 보였으며 동위 원소를 이용한 좌심실 구혈율은 35%였다.

관동맥 조영술상 좌전하행지 근위부에 약 90%의 협착 소견이 관찰되었으며 좌회선동맥의 원위부는 완전 폐쇄되었으며 우관동맥의 중간부위 및 원위부에 약 20%~30%의 내경 협착 소견이 관찰되었다. 좌

심실 조영술상 전측벽 및 심첨부에 무운동이 관찰되었으며 좌심실 확장말기압은 35mmHg였다. 퇴원 2주후 울혈성 심부전으로 다시 입원 치료후 증상 완화되어 퇴원하였다. 1992년 5월 운동시 흉통을 주소로 내원하여 재차 입원하였으며 심초음파 검사상 심실 전중격(anterior septum), 전벽(anterior wall) 및 심첨부(apex)에 벽이 얇아져 있으면서 무운동을 보였다. 좌심실 구혈율은 22%였다. 이후 외래에서 치료중 1993년 2월 운동시 흉통을 주소로 다시 입원하여 시행한 관동맥 조영술상 좌전하행동맥과 좌회선동맥이 모두 완전 폐쇄되었으며 우관동맥 중간부위에 약 95%의 내경 협착이 관찰되었다(Fig 1, A, B). 특히 우관동맥조영시 수축기 혈압이 60mmHg까지 감소되었다. 환자의 위험 인자로는 고혈압이 있었으며 흡연은 10년전부터 중단하였으며 혈청 지질 수치는 정상 범주였다.

심폐 보조 순환술 시술 방법

환자를 앙와위로 위치한 후 국소마취하에 요골동맥(radial artery)에 혈압 관찰을 위한 도관을 삽입하고 내경정맥(internal jugular vein)으로 Swan-Ganz 도자를 삽입하여 중심정맥압, 폐동맥압, 폐동맥 폐기압 및 심박출량을 측정하였다. 좌측 서혜부 대퇴동맥(femoral artery) 상부 피부를 약 5cm 횡절개후 대퇴동맥 및 정맥을 바리 노출 시켰다. 항응고제로 헤파린을 300unit/kg을 중심 정맥을 통해 주입한 후 먼저 대퇴동맥 분지 부위 직상부에 14 F(4.5mm) arterial perfusion cannular를 Seldinger 방법에 의해 삽입하여 cannular tip이 복부 대동맥 분지 부위에 위치하게 하였다. 또한 venous drainage cannular 는 17 F(5.5mm)를 사용하여 역시 같은 방법으로 우심방에 위치시켰다. 산화기는 Terumo사의 Capiox 350 막형 산화기(membrane oxygenator)를 사용하였으며 펌프는 Biomedicus사의 Biopump를 사용하였다(Fig. 2). PTCA를 시행하면서 중심 정맥압을 5~10mmHg 정도로 유지하면서 평균 1500cc/min로 보조 순환을 시작하였으며 우관동맥의 병변에 풍선을 확장시켰을 때 수축기 혈압이 50mmHg, 심박수 50/min로 떨어 졌을 때 최대 혈류 속도는 2500cc/min가 가능하였다. 항응고제의 효과에 대한 감시로 ACT(activated clotting time)을 200~300초 정도로 유지하였다. 시술전

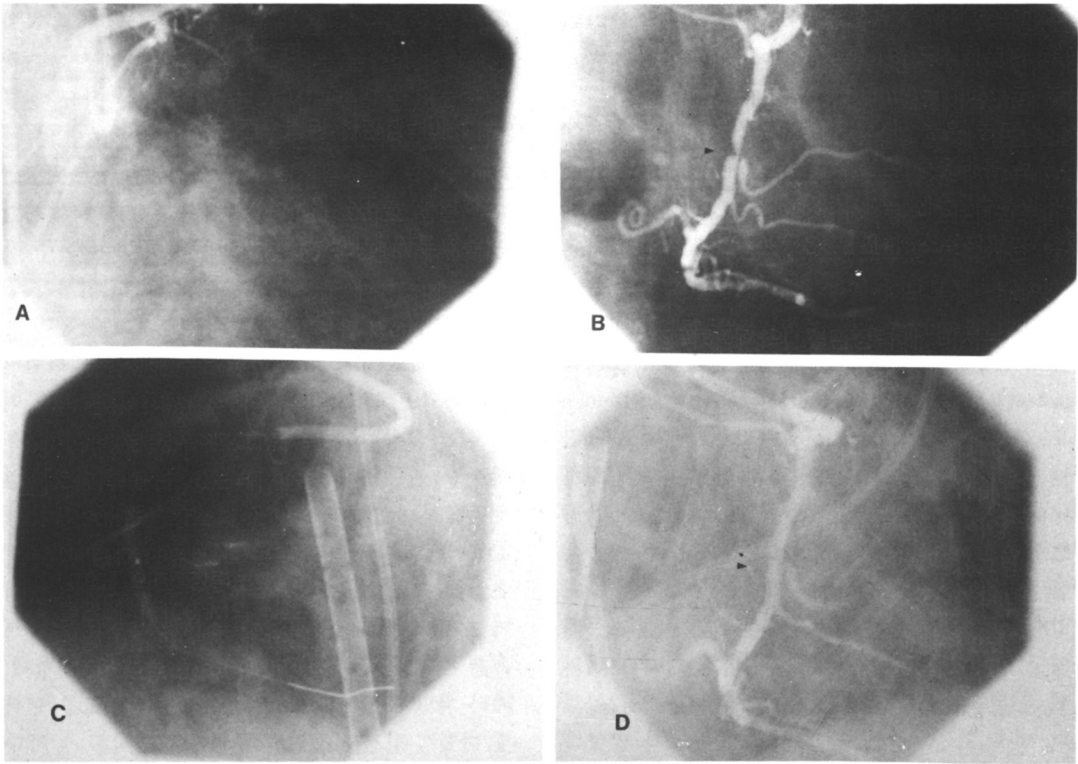


Fig. 1. Angiograms Panel A : Left coronary angiography at 30° right anterior oblique view revealing total occlusion of left anterior descending and circumflex arteries. panel B : Right coronary angiography at right anterior oblique projection revealing 95% eccentric, discrete luminal narrowing at mid right coronary artery. panel C : During balloon dilatation. Note the venous cannular located at right atrium. panel D : Right coronary angiography after PTCA. Minimal residual stenosis with TIMI grade 3 distal flow.

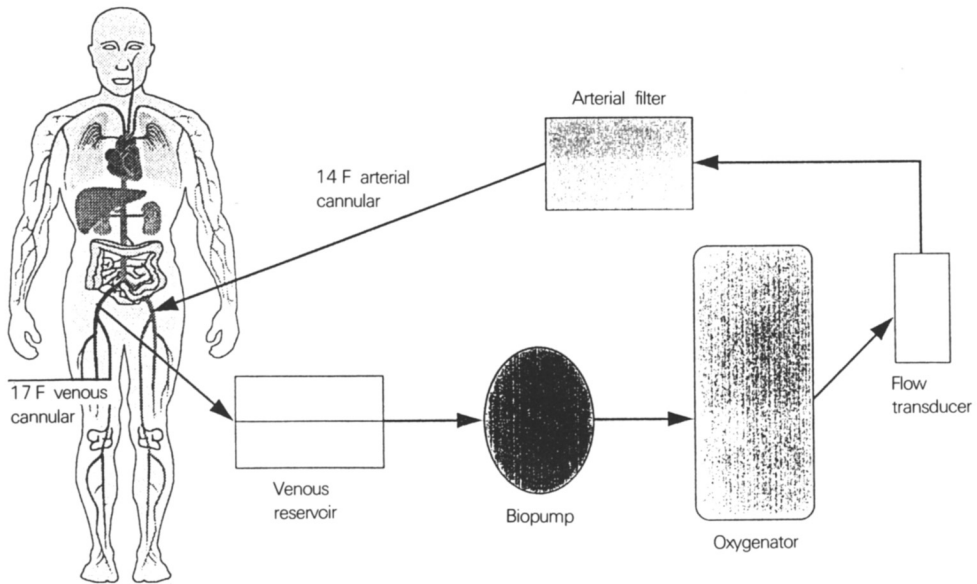


Fig. 2. Schematic presentation of cardiopulmonary support system used during supported angioplasty.

Swan-Ganz 도자로 측정된 폐동맥색기압은 22 mmHg였다.

PTCA 방법

우측 대퇴동맥을 Seldinger방법으로 천자후 9F long sheath를 삽입하였다. 유도 도자(8F Judkins right guiding catheter, Superflow)를 우관동맥에 위치한후 0.014 inch 유도 철선으로 우관동맥내로 전진시키려 하였으나 유도 도자의 지지가 불안정하여 유도 도자를 Amplatz left 1 guiding catheter로 교체한후 0.018 inch 유도 철선(high torque floppy guide wire)으로 우관동맥 중간부위의 협착 부위를 통과하였다. 풍선 도자(Monorail Speedy 3.0mm/20mm balloon catheter)를 병변에 위치한후 각각 8기압, 6기압으로 두차례 확장을 시켰다(Fig. 1, C). 풍선 확장중 환자의 수축기 혈압이 50mmHg 까지 감소되었다. 시술후 우관동맥 조영상 약 20%의 잔여 협착이 경미한 내막 박리와 함께 관찰되었으며 전향 혈류는 TIMI grade 3이었으며 이후 특별한 혈역학 이상은 관찰되지 않았다(Fig. 1, D).

합 병 증

시술 1개월후 왼쪽 하지의 동통 및 부종을 주소로 내원하여 심부 정맥 혈전증(deep vein thrombosis) 의심하에 정맥내 해파린 투여를 시작하였다. 입원후 시행한 정맥조영상 좌측 회장정맥(left common iliac vein)의 혈전에 의한 완전 폐쇄가 관찰되어 정맥내로 도관(Cournand catheter)을 통하여 혈전 용해요법으로 유로키나제를 투여하였다. 다음날 시행한 추적 정맥조영상 좌측 회장정맥의 혈류가 정상으로 회복되었으며 이후 좌측 하지의 부종도 많이 감소되어 경구항응고제 투여하면서 퇴원하였다. 퇴원후 특별한 합병증 없이 현재 외래에서 추적 관찰중임.

고 안

PTCA가 시행되기 시작한 초기에는 시술의 대상이 단일혈관질환이면서 단일병변에 proximal, discrete한 병소에 국한되었으나 최근에는 많은 기구와 술자의 기술 발전등으로 불완전성 협심증, 다혈관 질환, 심한

좌심실 기능 장애 혹은 심인성 쇼크와 같은 환자에 게도 그 범위가 확대되어 시행되고 있다^{2,5}). 그러나 이와 같은 환자에서의 PTCA는 높은 시술 전후의 합병증 및 시술과 관련된 사망율을 동반 할 수 있다^{3,6}). 특히 급성 폐쇄(abrupt closure)의 경우 높은 위험군의 대부분의 환자가 응급 관동맥우회술까지의 시간도 견디지 못한다^{8,9}). 또한 좌심실의 기능이 아주 감소되어 있거나 우회하고자 하는 혈관의 원위부가 좋지 않은 경우 및 심혈관계이외의 원인으로 관동맥 우회술의 금기로 생각되는 환자들에게는 높은 위험에도 불구하고 PTCA가 유일한 치료 방법으로 남는다. 여러 가지 약물적 혹은 물리적인 기술이 PTCA의 풍선 확장중 관동맥 폐쇄나 PTCA후 급성 폐쇄로 인한 혈역학적 불안정을 극복하기 위하여 개발되었다. 이와 같은 방법들은 풍선 확장 시간을 연장시켜줌으로써 초기 시술 성공율을 증가시키고 박리된 내막이 혈관벽에 붙어 있도록 하는데 도움을 준다¹⁵⁻¹⁶). 정맥내 혹은 관동맥내로 니트로글리세린이나 칼슘 길항제 및 베타 차단제를 투여함으로써 풍선 확장 도중 협심증 및 허혈성 심전도 소견의 발생을 지연시킬 수 있다는 보고¹⁷)가 있으나 이와 같은 상황에서의 약물 효과는 상당히 예측하기 어렵다. 이와 같은 이유로 인하여 여러 가지 물리적 기구들의 개발이 진행되어 왔으며 특히 위험도가 높은 PTCA의 경우 이와 같은 기구들이 선호되고 있는 실정이다. 이와 같은 기구들에는 대동맥내 풍선 펌프(intraaortic balloon pump), 관동맥내 관류 도자(coronary autoperfusion catheter), 관정맥동내로의 역관류(coronary sinus retroperfusion) 및 심폐 보조 순환(cardiopulmonary support) 등이 있다. 대동맥내 풍선 펌프는 심박출량의 강화가 미약하고 심장의 리듬이 안정되어야 한다는 단점이 있다¹⁸⁻²³). 관동맥내 관류 도자는 도자 자체가 상대적으로 유연하지 못하고 내경(0.064 inch deflated profile)이 크다는 단점이 있다²⁴). 특히 관동맥내의 병변이 구부러진 곳에 있거나 혈관이 가늘면서 병변의 범위가 긴 경우 도자를 통과 시키기가 어렵다. 또한 협착된 혈관의 분지에 의하여 혈류 공급을 받는 심근 부위가 보호 받지 못할 뿐 아니라 특히 혈역학적 불안정 상태로 저혈압이 지속될 경우 도자를 통한 혈류량이 심근 허혈을 방지하기에는 충분하지 못한 경우가 많다²⁵⁻²⁶). 관정맥동내로의 역관류는 관동맥의 협착이나 풍선 확장으로 혈류 공급의 장애를 받고 있는 혈관

분지에도 혈류 공급을 유지시켜 줄 수 있으며 특별한 도자가 필요하지 않을 뿐 아니라 기술적으로 어려운 완전 폐쇄된 부위를 다시 통과해야 할 필요가 없다.

그러나 이와 같은 여러 장점에도 불구하고 관정맥 동내로의 역관류법은 주로 좌전하행지에 대한 PTCA시에만 이용되고 있는데 그 이유는 좌전하행지가 주로 대심정맥(great cardiac vein)으로 유출되는데 반하여 우관동맥이나 일부의 좌회선지의 경우 대개 직접 우심방이나 우심실로 유출되기 때문이다. 이와 같은 여러 방법들은 심근의 산소 요구량을 감소시키고 PTCA중 관동맥 혈류를 유지시킬 수 있는 장점에도 불구하고 심박출량이 극도로 감소하거나 심율동이 심한 불안정을 보일 경우에는 많은 도움을 주지 못한다²⁷⁾.

심폐 보조 순환술(cardiopulmonary support, 이하 CPS)은 대동맥내 풍선 펌프와 달리 환자의 심박출량이나 심전도에 관계없이 혈압과 말초 순환을 유지시켜주는 방법이다. 회장동맥 및 대퇴동맥 혈관조영술을 시행하여 동맥경화 병변 여부를 확인한후 외과적으로 대퇴 동맥과 정맥을 박리하여 도관을 삽입하거나 최근에는 경피적인(percutaneous) 방법으로 대퇴 동맥과 정맥을 점차적으로 확장시켜 17F~20F의 도관이 통과할 수 있도록 하는 방법을 많이 이용하고 있다. 대퇴 정맥을 통하여 긴 도관(long venous cannula)을 하대정맥과 우심방의 경계부위에 위치시킨다. 정맥내로 약 300단위/kg의 헤파린을 투여한후 도관을 Biomedicus pump와 membrane oxygenator로 구성된 심폐체외순환기(cardiopulmonary support system)에 연결시킨다. 우심방에 위치한 도관을 통하여 정맥혈을 흡인하여 membrane oxygenator를 통하여 대퇴동맥내 도관을 통하여 전신으로 순환시킨다. 심폐체외순환술을 시작하면 전부하(preload)와 전신혈관 저항(systemic vascular resistance)이 감소하므로 혈압 유지를 위하여 수액 공급이 필요하다.

수술적으로 도관을 삽입한 경우 수술적으로 혈관을 봉합하고 경피적으로 삽입한 경우 천자부위를 약 4~8시간 동안 압박한다. 초기에는 수술적인 도관 삽입이 많이 이용되었으나 최근에는 경피적인 방법의 발전으로 수술적인 삽입 방법이 경피적인 방법에 비하여 뚜렷한 장점이 없는 것으로 알려져 있다²⁷⁾. 또한 CPS는 전통적인 심폐우회술(cardiopulmonary bypass)이 중력을 이용한 것에 반하여 centrifugal 펌프를

이용하며 17F에서 20F 정도의 도자를 경피적으로 삽입하여 분당 약 4~6리터의 전신순환을 얻을 수 있다. 1988년 처음으로 이와같은 시술이 성공적임이 보고된 이후 미국에서 14개의 기관이 national registry를 만들어 105명의 환자에서 시행하여 95%의 높은 성공율을 보고하였으나 사망율과 합병증의 빈도도 각각 7.6%, 39%로 높았다²⁸⁾. 이와 같은 심폐보조기구를 이용한 PTCA(supported angioplasty)의 대상환자로는 1) 협심증이 심하면서, 2) 확장 가능한 병변이 최소한 1개 있으며, 3) 좌심실 구혈율이 25% 미만이거나 확장시키고자 하는 혈관이 심근의 50% 이상을 공급할 경우등으로 하였다²⁹⁾. 최근 구미에서 보고되고 있는 결과를 보면 시술의 성공율은 약 95%, 사망율과 아급성 관동맥 폐쇄가 각각 6%, 4%이나 대퇴동맥내 도관삽입과 관련된 혈관 합병증이 약 39%로 보고되고 있다²⁹⁾.

시술에 대한 경험이 증가하여 심폐보조순환을 위한 도관 삽입에 소요되는 시간을 단축할 수 있고 CPS와 관련된 합병증을 줄이기 위하여 직경이 작은 도관을 대퇴동맥에 삽입시켜 놓은 후 필요시 CPS를 시행하는 이른바 standby CPS의 유용성에 대한 연구가 진행되었다. Teirstein등³⁰⁾은 569명의 환자에서 prophylactic CPS와 standby CPS를 비교한 결과 시술의 성공율과 사망율 및 응급관동맥 우회술의 빈도등에는 차이가 없었으나 도관 삽입 혈관 부위의 합병증 및 수혈의 빈도가 standby CPS의 경우 낮았음을 보고하였다. 그러나 심한 좌심실기능부전(좌심실 구혈율 20% 미만)을 보인 환자에서는 prophylactic CPS가 더 유용하다고 하였다. CPS의 제한점으로는 대동맥의 동맥경화성 병변이 심하거나 혈관이 구불구불한 경우 도관의 삽입이 용이하지 않으며 드물게는 혈관 성형술을 시행해야 할 경우도 있다. Membrane oxygenator를 이용 함으로 많은 용량의 헤파린을 투여하게 되고 이에 따라 출혈의 위험성이 증가하게 된다. 또한 CPS동안 훈련된 심폐순환기사(perfusionist)에 의한 조작이 필요하며 환자가 CPS에 의존하게 되는 경우 시술후 CPS로부터의 weaning이 어렵게 된다. CPS는 기술적으로 용이하지 않고 비용이 많이 들며 적지 않은 위험성을 동반하는 시술이다. 그러나 이와 같은 여러 단점에도 불구하고 CPS는 고위험도의 PTCA를 시행함에 있어 선택된 환자에서 유용한 방법이며 앞으로 이에 대한 많은 경험과 특히 예방적 CPS와 stan-

dby CPS에 대한 환자 선택등에 관한 연구가 계속되어야 할 것이다.

요 약

관동맥 협착 질환의 증재적 시술로서 경피적 경혈관 관동맥 확장 성형술(Percutaneous transluminal coronary angioplasty, 이하 PTCA)은 1977년 처음 시도된 이래로 관동맥 질환의 치료에서 우선 고려되며 널리 활용되고 있는 유용한 시술이다. 최근에는 많은 기구와 술자의 기술 발전등으로 불완전성 협심증, 다혈관 질환, 심한 좌심실 기능 장애 혹은 심인성 쇼크와 같은 환자에게도 그 범위가 확대되어 시행되고 있다. 좌심실의 기능이 아주 감소되어 있거나 우회하고자 하는 혈관의 원위부가 좋지 않은 경우 및 심혈관계 이외의 원인으로 관동맥 우회술의 금기로 생각되는 환자들에게는 높은 위험에도 불구하고 PTCA가 유일한 치료 방법으로 남는다. 여러가지 새로운 기구들이 이와 같은 높은 위험도를 가진 PTCA 도중에 관상동맥 및 전신의 순환을 보조하기 위해 사용되고 있다. 그 중 심폐보조순환술(cardiopulmonary bypass, 이하 CPS)이 개발되어 그 유용성이 보고되고 있다. CPS는 기술적으로 용이하지 않고 비용이 많이 들며 적지 않은 위험성을 동반하는 시술이다. 그러나 이와 같은 여러 단점에도 불구하고 CPS는 고위험도의 PTCA를 시행함에 있어 선택된 환자에서 유용한 방법이며 앞으로 이에 대한 많은 경험과 특히 예방적 CPS와 standby CPS에 대한 환자 선택등에 관한 연구가 계속되어야 할 것이다.

저자들은 심한 좌심실 기능부전과 다혈관 관동맥 질환을 가진 1 예의 환자에서 PTCA의 고위험군으로 생각되어 심폐보조순환을 시행하면서 PTCA를 성공적으로 시행하여 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

References

- 1) Gruentzig A : *Transluminal dilatation of coronary artery stenosis. Lancet* 1 : 263, 1978
- 2) Detre K, Holubkov R, Kelsey S, et al : *One-year follow-up results of the 1985-1986 National Heart, Lung, and Blood Institute's Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty Registry. Circulation* 80 : 421, 1989
- 3) Bentivoglio LG, Van Raden MJ, Kelsey SF, Detre KM : *Percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) in patients with relative contraindications : Results of the National Heart, Lung, and Blood Institute PTCA Registry. Am J Cardiol* 53 : 82C, 1984
- 4) Hartzler GO, Rutherford BD, McConahay DR, Johnson WJ, Giorgi LV : *"High-risk" percutaneous transluminal coronary angioplasty. Am J Cardiol* 61 : 33G, 1988
- 5) Detre K, Holubkov PH, Kelsey S, et al : *Percutaneous transluminal coronary angioplasty in 1985-1986 and 1977-1981 : The National Heart Lung and Blood Institute Registry. N Engl J Med* 318 : 265, 1988
- 6) Cowley MJ, Dorros G, Kelsey SF, Van Raden M, Detre KM : *Acute coronary events associated with percutaneous transluminal coronary angioplasty. Am J Cardiol* 53 : 12C, 1984
- 7) Serruys PW, Wijns W, Van Den Brand M, et al : *Left ventricular performance, regional blood flow, wall motion, and lactate metabolism during transluminal angioplasty. Circulation* 70 : 25, 1984
- 8) Phillips SJ, Kongtahworn C, Zeff RH, et al : *Disrupted coronary artery caused by angioplasty : Supportive and surgical consideration. Ann Thorac Surg* 47 : 880, 1989
- 9) Stark KS, Satler LF, Krucoff MW, Rackley CE, Kent KM : *Myocardial salvage after failed coronary angioplasty. J Am Coll Cardiol* 15 : 78, 1990
- 10) Phillips SJ : *Percutaneous cardiopulmonary bypass and innovations in clinical counterpulsation. Crit Care Clin* 2 : 297, 1986
- 11) Phillips SJ, Ballentine B, Slonine D, et al : *Percutaneous initiation of cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg* 36 : 223, 1983
- 12) O'Neil P, Menendez T, Hust R, Howell J, Espada R, Pacifico A : *Prolonged ventricular fibrillation-salvage using a new percutaneous cardiopulmonary support system. Am J Cardiol* 66 : 545, 1989
- 13) Phillips SJ, Zeff RH, Kongtahworn C, et al : *Percutaneous cardiopulmonary bypass : application and indication for use. Ann Thorac Surg* 47 : 121, 1989
- 14) Shawl FA, Domansky MJ, Punja S, Hernandez TJ : *Percutaneous cardiopulmonary bypass support in high-risk patients undergoing percutaneous transluminal coronary angioplasty. Am J Cardiol* 64 : 1258, 1989
- 15) Smith JE, Quigley PJ, Tchong JE, Bauman RP, Thomas J, Stack RS : *Can prolonged perfusion balloon inf-*

- lations salvage vessel patency after failed angioplasty ?*
Circulation 80(suppl II) : II-373, 1989
- 16) Kaltenbach M, Beyer J, Walter S, Klepzig H, Schmidts L : *Prolonged application of pressure in transluminal coronary angioplasty.* *Cathet Cardiovasc Diagn* 10 : 213, 1984
 - 17) Zalewski A, Savage M, Goldberg S : *Protection of the ischemic myocardium during percutaneous transluminal coronary angioplasty.* *Am J Cardiol* 61 : 54G, 1988
 - 18) Szatmary LJ, Marco J, Fajadet J, Caster L : *The combined use of diastolic counterpulsation and coronary dilation in unstable angina due to multivessel disease under unstable hemodynamic conditions.* *Int J Cardiol* 19 : 59, 1988
 - 19) Alcan KE, Sterzer SH, Wallsh E, DePasquale NP, Bruno MS : *The role of intra-aortic balloon counterpulsation in patients undergoing percutaneous transluminal coronary angioplasty.* *Am Heart J* 105 : 527, 1983
 - 20) Voudris V, Marco J, Morice MC, Fajadet J, Royer T : *"High-risk" percutaneous transluminal coronary angioplasty with preventive intraaortic balloon counterpulsation.* *Cathet Cardiovasc Diagn* 19 : 160, 1990
 - 21) Kahn JK, Rutherford BD, McConahay DR, Johnson WL, Giorgi LV, Hartzler GO : *Supported "high risk" coronary angioplasty using intraaortic balloon pump counterpulsation.* *J Am Coll Cardiol* 15 : 1151, 1990
 - 22) Murphy DA, Craver JM, Jones EL, et al : *Surgical management of acute myocardial ischemia following percutaneous transluminal coronary angioplasty : Role of the intra-aortic balloon pump.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 87 : 332, 1984
 - 23) Jones EL, Murphy DA, Craver JM : *Comparison of coronary artery bypass surgery and percutaneous transluminal coronary angioplasty including surgery for failed angioplasty.* *Am Heart J* 107 : 830, 1984
 - 24) Avedissian MG, Killeavy ES, Garcia JM, Dear WE : *Percutaneous transluminal coronary angioplasty : A review of current balloon dilatation systems.* *Cathet Cardiovasc Diagn* 18 : 263, 1989
 - 25) Campbell CA, Rezkalla S, Kloner RA, Turi ZG : *The autoperfusion balloon angioplasty catheter limits myocardial ischemia and necrosis during prolonged balloon inflation.* *J Am Coll Cardiol* 14 : 1045, 1989
 - 26) Zalewski A, Berry C, Kossman ZK, Shi Y, Goldberg S : *Myocardial protection with autoperfusion during prolonged coronary artery occlusion.* *Am Heart J* 119 : 41, 1990
 - 27) Lincoff AM, Popma JJ, Ellis SG, Vogel RA, Topol EJ : *Percutaneous support devices for high risk or complicated coronary angioplasty.* *J Am Coll Cardiol* 17 : 770, 1991
 - 28) Vogel RA, Shawl F, Tommaso C, O'Neil W, Overlie P, O'Toole J, Vandormael M, Topol E, Tabari KK, Vogel J, Smith S Jr, Freedman R, White C, George B, Teirstein P : *Initial report of the national registry of elective cardiopulmonary bypass supported coronary angioplasty.* *J Am Coll Cardiol* 15 : 23, 1990
 - 29) Teirstein PS : *Cardiopulmonary support.* *Am J Cardiol* 69 : 19F, 1992
 - 30) Teirstein PS, Vogel RA, Dorros G, Sterzer SH, Vandormael MG, Smith SC, Overlie PA, O'Neil WW : *Prophylactic versus standby cardiopulmonary support for high risk percutaneous transluminal coronary angioplasty.* *J Am Coll Cardiol* 21 : 590, 1993