

심폐바이패스의 기술적 측면

경북대학교 의과대학 흉부외과

이 종 태

심폐바이패스는 Gibbon이 1953년 개심술에 사용한 이후 장비들이 개선됨에 따라 최근에는 건강한 인간의 심폐기능에는 미치지 못하지만 매우 안전하게 일정한 기간동안 심장과 폐의 역할을 대신해 줄 수 있게 되었다.

심폐바이패스는 질환, 수술방법 및 사용 목적에 따라 선택되는 장비 및 방법이 달라질 수 있으며 본 연재에서는 성인의 개심술에 적용되는 심폐바이패스를 중심으로 그 장비 및 방법에 대해서 언급하고자 한다.

산 화 기

이상적인 산화기는 산화기내로 유입되는 정맥혈 류량의 변화에 잘 적응하여 혈액에 산소를 충분히 공급하면서 이산화 탄소를 제거할 수 있고 혈액 성분에 변화를 주지 않아야 하며 필요한 충전액이 적으면서 쉽게 조립할 수 있고 조작이 간편하여야 한다.

기포형 산화기

기포형 산화기는 정맥혈과 기포가 혼합되는 방, 기포를 제거하는 방 및 동맥혈이 보관되는 방으로 구성된다. 현재 쓰이고 있는 기포형 산화기는 이 방들의 배열방법에 따라 정맥혈과 기포가 혼합되는 방이 산화기의 측면에 위치하는 sequential 형과

이 방이 중심부에 있는 concentric형 두 가지가 있다.

산화기 내에서의 가스교환은 주로 기포와 혈액이 접촉하면서 혈장과 기포의 가스 분압차이에 의해 산소 및 이산화탄소의 교환이 이루어지고 기포가 제거되는 과정을 거치면서 터진 기포에서 나온 gas와 혈액이 접촉하면서 이차적으로 이루어진다. 일반적으로 직경 3~7mm 정도 크기의 기포가 가스 교환에 적당한 것으로 알려져 있다.

산화기에 주입되는 가스는 100% 산소 또는 산소와 이산화 탄소가 혼합된 가스이다. FiO_2 는 일정하기 때문에 동맥혈의 산소분압을 직접 조절하기는 불가능하나 이산화탄소의 분압은 가스의 주입 속도를 증가 시키면 감소하게 되므로 조절이 가능하다. 가스의 색전, 용혈 및 단백질 변성 등을 방지하기 위하여 되도록 가스 주입 속도는 되도록 낮게 유지하는 것이 바람직하다.

막형 산화기

막형 산화기는 가스가 통과할 수 있는 막으로 gas와 혈액을 분리하여 이들이 직접 접촉하지 않고 양쪽의 가스 분압차이에 의하여 가스교환이 가스 교환이 이루어질 수 있도록 제작된 산화기다. 막의 제작에 사용되는 제질은 모세공이 없는 실리콘 고무와 모세공을 가진 polypropylene이 있고 막의 모양은 두루마리 봉투형 (scrolled envelop), parallel

plate형 및 hollow fiber 형이 있다. 막의 제질과 모양에 따른 가스교환 능력은 차이가 없는 것으로 알려져 있다.

정맥혈 저혈조의 형태에 따라 막형 산화기는 폐쇄형과 개방형으로 나눌 수 있는데 폐쇄형은 저혈조에 고이는 혈액양에 따라 위축 또는 팽창될 수 있는 주머니 모양(collapsible bag)으로 혈액이 대기에 노출되어 있지 않으며 개방형은 딱딱한 제질로 만들어져 일정한 형태를 가지고 있어서 혈액이 항상 대기에 노출되어 있다. 개방형은 cardiotomy 저혈조가 정맥혈 저혈조내에 포함되어 있기 때문에 필요없고 폐쇄형은 이를 필요로 하나 대량의 공기 색전증의 위험성이 없는 장점이 있다. 막형 산화기를 사용할 때는 정맥저혈조의 혈액을 펌프를 이용하여 가스교환장치로 주입하여 동맥혈이 된 후 환자에게 혈류가 공급하게 되므로 이미 동맥혈이 된 혈액을 산화기로부터 펌프를 이용하여 공급하는 기포형 산화기와는 차이가 있다.

막형 산화기에서는 지속적인 가스교환을 위하여 혈액통로의 압력을 항상 가스통로의 압력보다 높게 유지하여야 하며 막형 산화기의 가스교환에 영향을 미치는 인자들은 막의 표면적, 막사이 가스 분압차, 막의 가스 투과도 및 혈류의 두께 등이다. 100% 산소와 대기가 혼합된 가스가 가장 흔히 사용되며 FiO_2 를 조절함으로써 동맥혈 산소분압을 조절할 수 있고 동맥혈 이산화탄소 분압은 혈류에 대한 가스 주입속도로 조절하게 된다.

기포형 산화기는 심폐바이패스후 막형 산화기보다 혈소판수의 감소가 더 심하고 미세 가스 색전이 더 많이 만들어지며 술후 출혈량도 더 많아서 최근에는 대부분의 개심술에서 막형 산화기가 사용되고 있다.

Mechanical pumps

원심성 펌프

원심성 펌프는 1970년대 초에 개발되었고 일회

용 펌프내의 회전체의 모양에 따라 원추형과 바람개비형으로 분류된다. 내부의 회전체가 회전하면서 소용돌이를 일으켜 혈액을 이동하게 되므로 회전을 멈추었을 때는 혈액이 전후 양방향으로 흐를 수 있으며 회전시에도 혈류량은 전부하와 후부하에 의해 영향을 받게된다. 롤러펌프에 비해 원심성 펌프는 후부하에 민감하기 때문에 송혈관내의 압력이 과도하게 증가하는 현상이 없고 또한 펌프내에서 주변부가 압력이 높고 중앙부가 압력이 낮기 때문에 공기가 펌프내로 들어오는 경우에 공기가 중앙부에 머무르며 많은 양의 공기가 유입될 때는 혈류가 중지될 수도 있어서 공기 색전증의 위험이 적다. 그외에 혈구 손상이 적을 뿐 아니라 기계의 조작도 보다 간편하기 때문에 미국에서는 심폐바이패스의 50% 정도에서 동맥 펌프로 이용되고 있다고 한다.

롤러 펌프

개심수술 초창기부터 현재까지 가장 많이 사용되어온 펌프로서 롤러가 혈액이 차있는 튜브를 압박하면서 회전할 때마다 혈액을 회전하는 방향으로 밀어내는데 회전수가 증가할수록 관류량이 많아진다. 롤러의 숫자에 따라 단일 롤러 펌프, 이중 롤러 펌프 및 다중 롤러 펌프로 분류될 수 있는데 이중 롤러펌프가 가장 흔하다. 롤러가 튜브를 압박하는 정도가 적절해야 혈구의 손상을 줄이면서 송혈을 원활하게 할 수가 있으며 그 적정도는 여러 방향에서 측정되어야 한다. 또한 펌프의 회전 속도와 분당 관류량의 관계는 수개월 정도는 정도 일정해야 하며 보통 6개월내 1회 정도는 점검을 할 필요가 있다. 보통 심폐기에는 5개의 롤러 펌프가 장치되어 있는데 2개는 송혈 펌프(1개는 동맥 펌프, 1개는 혈 심정지액주입)로 사용하며 나머지는 송혈펌프와 역방향으로 회전시켜 심장 또는 심낭으로부터 혈액을 흡인하는데 사용한다.

도관 및 여과기

Tubing

심폐바이패스에 사용되는 도관들은 투명해서 혈액의 산소화 정도와 도관내 공기의 유무를 감시할 수 있어야 하고 롤러 펌프 또는 겹자에 의해 반복되는 눌림에도 손상을 받지않고 원상회복되어야 하며 송혈관은 내부압력이 500~700mmHg까지 올라가도 파열되지 않아야 한다. 그리고 유연하면서 잘 꼬이지 않아야 하고 독성이 없어야 하며 인체에 염증성 반응을 일으키지 않고 온도 변화에 잘 적응할 수 있어야 한다.

현재 사용되고 있는 도관으로는 PVC, 실리콘 및 내면에 헤파린이 접착된 도관들이 있고 PVC도관이 가장 많이 사용되고 있다. 헤파린을 내면에 접착시킨 도관과 산화기를 사용했을 때 보체 및 백혈구 활성이 감소하였고 헤파린 사용량도 줄일 수 있다고 한다.

Venous cannula

정맥혈을 산화기로 흐르게 하기 위해 2개의 정맥 캐놀라를 우심방을 통해 상하대정맥에 삽입할 때는 굵은 캐놀라가 이용되고 상하대정맥에 직접 삽입할 때는 직각으로 굵은 캐놀라가 이용되며 하대정맥캐놀라는 상대정맥 캐놀라보다 굵은 것을 사용한다. Two-staged single 정맥 캐놀라는 1개의 캐놀라로서 전체 정맥환류를 처리할 수가 있도록 제작되었다.

Arterial cannula

동맥 캐놀라는 상행대동맥에 삽입되었을 때 혈류의 흐름에 지장을 주어서는 않되지만 대동맥과 송혈관 사이에 과도한 압력차이 없이 2.5~3.0L/m²/min의 혈류가 흐를 수 있는 굵기여야 한다. 압력차가 100mmHg 이상일 경우에는 용혈 현상 및 단백질 변성을 일으킬 수 있다.

Filters

색전증 및 세균오염을 예방하기 위하여 심폐바이패스의 여러 부분에 여과기를 사용할 수 있다. 즉, arterial line filter, cardiotomy filter, prebypass filter, transfusion filter, 가스 filter 및 cardioplegic solution filter 등이 있다. Arterial line filter는 저항이 낮고 기포제거가 쉬우며 각종 색전을 제거할수 있고 혈액 손상이 적으며 용적이 적은 것이 바람직한 것이다.

심폐바이패스 회로의 조립 및 감시 장치

장비선택

적절한 장비선택을 위해서 체외순환사는 환자의 질병 및 상태, 시행될 수술방법 및 마취에 대해 고려해야 한다. 즉, 필요한 충전액의 양, 심정지액 주입방법, 이노제 또는 hemoconcentrator 사용, reservoir 사용 및 평소에 사용하지 않는 감시장치의 사용 등을 결정하게 된다. 산화기 충전에는 혈액회석을 위하여 체액의 성분과 유사한 수액제가 주된 성분으로 선택되며 그의 알부민, hetastarch, mannitol 등을 첨가하여 이노효과를 내게 한다. 개심수술도중 수혈로 인한 AIDS, 및는 간염의 전염을 방지하기 위해 cell salvage machine들이 널리 이용되고 있다.

심폐바이패스 회로의 조립

보통 PVC 도관은 소독된 pack속에 "pump pack"과 "table pack"으로 분리되어 보관되어 있다.

먼저 산화기를 고정한 후 물이 공급되는 도관을 열교환기에 연결하여 순환시킴으로써 열교환기의 이상유무를 확인한다. pump pack의 도관들을 산화기에 연결한 다음 이산화탄소 가스를 5분 정도 흐르게 한후 도관과 산화기에 충진을 하는데 이러한 과정을 수행하는 동안 오류를 방지하기 위해서

“prebypass checklist”를 이용하는 것이 좋다. 바이패스 도중의 혈구용적이 20% 이하로 내려가지 않는다면 수액제만으로 충진을 시행한다.

감시 및 안전 장치

열교환기에 공급되는 물의 온도, heater/cooler의 온도, 열교환기 통과 전후의 혈액의 온도, 동맥혈과 정맥혈의 온도 및 심근마비액의 온도 등을 관찰하여야 한다.

도관내 압력 감시장치

막형 산화기, 동맥혈 filter 및 동맥관 캐놀라의 각각 근위부에서 도관내압을 관찰하는데 각각의 장비를 통과하는데 따른 압력차이가 과도하면 도관의 폐쇄 또는 동맥 캐놀라의 삽관에 문제가 있다. 심근마비액을 주입할 때 도관의 압력을 관찰하여야 하며 역행성 투입법을 할 때는 압력이 40 mmHg를 넘지 않는 것이 좋다.

관류량 감시장치

롤러 펌프의 경우 롤러가 도관을 압박하는 정도가 적당하다면 관류량을 측정할 필요가 없지만 원심성 펌프는 전, 후 부하에 따라 혈류량이 변하므로 본 펌프를 동맥펌프로 쓸 때는 혈류량을 측정하여야 한다. 측정방법에는 도플러법과 electromagnetic 법이 있다.

Blood variables 감시장치

심폐바이패스 중에 연속적으로 감시가 시행한 것은 산소포화도였다. 산소분압, 이산화탄소분압, pH, 나트륨, 칼륨 및 칼슘 이온과 전해질성분을 측정시간이 90초 정도 소요되는 분석장치를 사용하여 자주 측정할 수 있으며 그 측정치는 매우 정확하다. 심폐바이패스도관내에 장착시켜 연속적으로 혈액가스분압을 측정하는 방법이 비교적 최근에 개발되었는데 측정치의 신뢰도 및 장비의 가격면에서 좀더 개선을 요한다. 산소와 공기를 혼합하고 장치내의 FiO₂를 측정하여 산소농도가 높으면 경

고음을 울리는 장비도 감시장치의 하나이다.

안전장치

산화기 저혈조의 혈액보유량을 감지하여 일정량 이하로 감소하면 경고장치가 작동하여 경고음을 울리면서 송혈펌프가 정지하게 되어 치명적인 공기색전증을 방지하는 장치가 심폐바이패스에 가장 먼저 사용된 안전장치이다. 이와 비슷한 역할을 하는 것으로서는 송혈관내의 큰 기포를 발견하여 경고해주는 장비이다. 그외 수술시야로부터 혈액을 흡입하는 과정에서 과도한 음압이 발생하지 않도록 하는 벨브를 흡인도관들에 사용하기도 한다.

열 교환기

개심수술 초창기에는 환자의 정상 체온을 유지하기 위하여 심폐바이패스장치에는 혈액의 온도를 높이는 장비만이 필요하였으나 저 체온법이 시행되면서 되도록 빠른 시간내에 체온을 내리고 올리는 장비가 필요하게 되어 산화기에 열교환기가 장착되게 되었다.

열교환기에는 물이 흐르는 통로와 혈액이 흐르는 통로가 넓은 접촉면을 가지고 접촉하고 있어서 물의 온도를 조절하므로써 체온을 변화시킬 수 있다. 물과 혈액통로를 분리하는 판의 제질로는 stainless steel이 가장 흔히 사용되고 있다. 체온을 내릴 때는 물과 혈액의 온도차이가 커도 혈액에 손상이 없어서 빨리 체온을 내릴 수 있으나 체온을 올릴 때는 온도차이를 10~12°C 이내로 유지해야 혈액에 기포생성의 위험성이 없으므로 서서히 체온이 올라가게 된다. 현재 사용되고 있는 막형 산화기의 경우 대부분에서 혈류가 펌프를 지난 후 가스교환이 일어나기 전에 열교환이 먼저 되도록 설계되어 있으나 펌프를 지나기 전에 열교환이 되는 것도 있고 열교환과 가스교환이 동시에 일어나는 것도 있다. 현재 사용되고 있는 막형 산화기들은 열교환능력에 있어서 큰 차이를 보이고 있지 않다.

심폐바이패스를 위한 캐놀라의 설치

동맥 캐놀라 설치

동맥 캐놀라는 상행대동맥에, 정맥 캐놀라는 우심방에 설치하는 것이 가장 흔히 사용되는 방법이지만 동맥경화 및 상행대동맥류의 빈도가 높아지고 있어서 대퇴동맥을 비롯한 다른 장소에 캐놀라를 설치해야 하는 경우가 많아지고 있다. 즉 병력, 이학적 진찰, 흉부엑스선상 흉부 대동맥의 확장 또는 석회화 유무 확인, 흉부전산화 단층 촬영, 심초음파 검사 및 수술중 상행대동맥 촉진 등을 통해 캐놀라 설치 장소를 결정한다.

동맥 캐놀라 설치를 위해서는 무명동맥이 기시하는 곳에서 1~2cm 근위부쪽으로 그리고 약간 좌측 상행대동맥에 2-0 또는 3-0 굵기의 비흡수성 봉합사로 바늘이 혈관의 전층을 통과하지 않고 외막과 중막만 통과하는 double purse string suture를 한다. 캐놀라를 삽입할 때는 삽입될 부위의 외막만 가위로 절개한 후 15번 또는 11번 칼로 중막과 내막을 절개한다. 확장기구를 이용하여 절개구를 넓혀 캐놀라를 넣고 180° 회전시켜 고정된 후 공기를 제거하면서 송혈관과 연결하며 이 과정에서 출혈은 손가락이나 집게로 방지한다.

흉골정중절개로 심장을 노출시킨 후 상행대동맥과 우심방에 심폐바이패스를 위한 캐놀라를 설치하는 것이 가장 쉽고 바람직한 방법이지만 이것이 불가능하고 측방 개흉술로 심장에 접근해야 할 경우가 있으며 대퇴동맥 및 대퇴정맥에 캐놀라를 설치해야 할 경우도 있다.

좌심실내의 혈액을 흡인하기 위한 카테터는 우측 폐정맥을 통하여 좌심실에 넣는 방법이 가장 흔히 사용되고 있다.

동맥캐놀라 설치와 관련된 합병증으로는 공기색전증, atheroma 색전증, 지방 색전증 및 대동맥 박리 등이 있고, 정맥 캐놀라에는 불충분한 정맥혈 회수, 공기의 정맥도관 차단 및 대정맥 파열 등이 있다.

정맥 캐놀라의 설치

열어야 할 필요가 없는 수술에는 우심이를 포함한 우심방에 50Fr 정도의 캐놀라 삽입에 지장이 없을 정도의 넓은 purse string suture를 하여 Two-staged single 정맥 캐놀라를 설치하는데 끝은 횡격막 직하방의 하대정맥에, 측면 구멍은 우심방의 중앙에 위치하도록 한 후 정맥 도관과 연결한다.

심방중격결손 교정술 및 삼첨판막 수술등 우심방을 열어야 하는 수술에는 2개의 캐놀라 설치가 반드시 필요하며 승모판막 수술에서도 대부분의 외과의사들이 2개의 캐놀라를 설치한다. 보통 우심이와 하대정맥 기시부의 2~3cm 상방의 우심방에 purse string suture를 하여 2개의 정맥 캐놀라를 상·하 대정맥으로 밀어넣는데 필요에 따라서는 상·하 대정맥에 직접 설치할 수도 있으며, 캐놀라가 너무 굵거나 깊이 삽입되면 정맥혈이 도관으로 흘러들어오는데 지장을 초래한다.

심폐바이패스의 시작과 유지

환자 감시는 마취 및 심폐 바이패스가 잘 이루어지고 있는지를 알려 주고 이를 위한 대부분의 장치는 마취 유도 전에 설치하며 감시항목으로는 심전도, 동맥내 카테터를 통한 혈압, 폐동맥카테터압, 열회석법에 의한 심박출량, 방광·식도·직장온도, 소변량, 정맥혈 산소 포화도 및 뇌파 등이 있으며 심폐 바이패스 장치의 관류 속도, 도관내압 및 산소포화도 등도 동시에 감시하여야 한다.

시작과 유지

바이패스 시작 직전과 직후에 동맥과 정맥 캐놀라 내에 공기유무를 확인하고 바르게 연결되어 있는지 살펴본다. 그의 activated clotting time, 혈압 조절에 필요한 약제, 변환기, 환자 경부 및 안면의 색깔 및 정맥 팽창도를 확인하고 정맥 주사의 수액

제 주입을 중지한다.

바이패스를 시작하면 충진액이 먼저 관류되므로 얼굴이 창백하다가 10~15초 후에 정상으로 돌아 오는데 얼굴색이 회복되지 않으면 동맥 캐놀라의 이상을 의심하며 정맥이 팽창되어 있으면 정맥 캐놀라의 이상유무를 확인하여 교정하여야 한다. 바이패스를 시작하면서 발생할 수 있는 합병증들은 대동맥 박리, 동맥 캐놀라내의 공기 및 산화기로의 정맥혈 환류 불량 등이 있다.

바이패스 중에는 30분 간격으로 동맥혈가스분석을 하며 동맥혈의 산소 분압은 250mmHg로 유지하는 것이 좋다. 동맥혈 산소 분압의 감소 원인들 중 하나는 정맥혈 산소분압의 감소이며 막형 산화기의 산소 공급 능력은 한정되어 있기 때문에 이런 경우 환자는 저산소혈증 및 acidosis 빠질 수 있다.

바이패스중에 혈압은 50~100mmHg로 유지하는 것이 바람직한데 초기에 저혈압이 발생할 수 있다. 그러나 이로 인한 장기부전의 위험성은 없으며 필요한 경우에는 적절한 혈압을 유지하기 위하여 Phenylephrine 등을 투여하기도 한다. 고혈압은 뇌부종, 부행관상동맥 혈류의 증가로 인한 심근마비 용액의 소실 및 심근 온도의 증가 등을 일으킬 수 있으므로 혈관확장제 또는 마취제 추가 투여로 교정하여야 한다.

항응고 요법(알라바마 대학의 Protocol)

헤파린을 주기전 baseline ACT를 측정하고 헤파린 300 U/kg을 투여하여 바이패스 시작전에 ACT가 480초 이상되는 것을 확인한다. 바이패스 중에는 30분마다 ACT를 측정하여 필요한 양의 헤파린을 추가하고 바이패스 이탈 후 1.5 gm of protamine/100 U of initial heparin dose의 protamine을 투여한다.

칼륨과 glucose

혈장 칼륨치는 지속적으로 변화하는데 4.5~6.5 mEq/L로 유지하는 것이 바람직하다고 한다. 고

칼륨혈증의 경우에는 칼륨 배설을 증가시키는 이뇨제, 세포내로 칼륨을 보내는 glucose와 인슐린, 칼륨의 심장전도계에 대한 영향을 줄이는 및 칼륨 등을 투여할 수 있고 심장조율기를 사용할 수도 있다. 저칼륨혈증은 소변량이 과도하게 많을 때 바이패스 중지 직전에 자주 발생하게 되며 이런 경우에는 저혈조에 칼륨을 추가하며 혈장 칼륨농도를 4.5 mEq/L까지 증가시킨다.

고혈당은 혈액량 및 전해질 구성에 변화를 일으키고 절개부 치유 및 백혈구 식균작용에 장애를 주며 뇌손상을 악화시킬 수 있다. 혈당치가 600mg/dL까지 바이패스 초기에는 증가할 수가 있으며 이런 경우에는 인슐린을 투여하나 인슐린 효과가 나타나는 데는 시간이 걸린다.

승모판 또는 대동맥판 수술 도중에는 심폐바이패스를 중지하는 조작을 시작하기전에 심장내에 들어간 공기를 제거하여야 하며 관상동맥 우회술 때는 상행대동맥 및 이식된 정맥내의 공기를 제거하여야 한다.

심폐바이패스 이탈

심폐바이패스 이탈을 위한 준비

심폐바이패스의 중단은 환자의 심장과 폐가 그들의 역할을 다시 시작하는 것을 의미하며, 심폐바이패스의 이탈을 위하여 심장, 폐, 및 나머지 장기들에 대한 준비가 있어야 한다.

심장은 정상 동율동을 유지하면서 분당 75~95회 정도로 약간 증가되어 있는 것이 바람직하며 좌심실류 절제후와 같이 1회 심박출량이 제한되어 있는 경우는 심박동수를 좀더 증가시킬 필요가 있다. 서맥은 보통 pacing을 하며 빈맥은 그 원인 분석과 함께 상실성 빈맥의 경우에는 cardioversion을 시행하는 것이 좋다. 후부하가 증가되면 마취정도를 더 깊게 하거나 혈관확장제를 투여하고 펌프관류 속도에 비해 평균동맥압이 너무 낮으면 phenylephrine 등의 약제를 투여한다. 환자가 고령이거나 술전에 심실기능장애가 있는 경우, 대동맥

차단 및 바이패스시간이 긴 경우 및 심근보호가 잘 되지 않는 경우들에서는 바이패스후 심근 수축력이 떨어지면 수축촉진제 또는 대동맥내 풍선펌프를 사용하여야 한다. 전부하의 적정도를 파악하는 데는 중심정맥압, 폐동맥압, 좌심방압, 심장의 모양 및 경식도 심장 초음파 검사가 도움이 된다. 폐는 바이패스가 중지되면 다시 가스교환을 시작해야 하므로 기도내 분비물이 없어야 하고 위장이 팽창되어 있지 않아야 하며 인공호흡기의 작동에 따라 운동성이 좋아야 한다. 환자의 체온(방광 또는 직장 온도)가 37°C로 따뜻해야 하고 산-염기 상태, 칼륨 및 칼슘이 정상범위내에 있어야 하며 혈구 용적은 20~25% 범위에 있어야 한다.

심폐바이패스 이탈

정맥도관을 통하여 산화기로 흘러들어오는 혈액량을 점차 줄여 심장을 팽창시키면서 동맥펌프의 관류속도를 줄여나가 바이패스 장치의 혈류를 완전히 차단하면 이탈이 된다. 이탈직전에 외과의사는 저혈조의 혈액량, 정맥혈의 산소포화도 및 관류속도를 체외순환사를 통해 확인하여야 하고 이탈과정 중에는 외과의사, 마취의사 및 체외순환사 간에 긴밀한 협조가 필요하다. 이탈후 정맥 캐놀라를 먼저 제거하고 동맥캐놀라를 제거하는데 환자의 심박출량이 만족스럽고(> 2.3 L/min/m²) 평균동맥압이 65~70 mmHg이며 심장으로부터 출혈이 없어야 제거하게 되며 이후에 protamine 주입을 시작한다. 심폐바이패스 이탈을 원활하게 하기 위하여 심근수축촉진제와 혈관확장제 사용이 필요한 경우 심근수축력의 감소 정도가 심할수록 투여시기가 빨라지나 이탈전에 투여하더라도 심근에 충분한 채관류가 이루어지고 심장이 완전히 더워진 후에 해야 한다.

심폐바이패스 이탈 실패의 요인으로는 전체적 또는 국소적 심근수축력 감소, 심장울동 및 심박수 이상, 혈기용의 폐압박 및 환기부족, 심한 말초 혈관확장 또는 수축, 정맥 캐놀라에 의한 정맥환류의 장애, 대동맥판 협착 또는 동맥 캐놀라에 의한 구

혈 장애, 심장내 잔유단락 및 판막폐쇄부전 및 파악되지 않은 실혈 등이 있으며 이탈이 잘 되지 않을 때는 어떤 요소가 영향을 미치고 있는지 검토하여야 한다.

심폐바이패스중의 사고

심폐바이패스중의 사고 빈도는 0.3~1% 정도이며 장치를 사용하는 사람의 잘못으로 인한 경우는 72.3%를 점한다고 한다. 공기색전, 혈액응고장애, 심폐기로의 전기공급중단, 심폐기의 고장 및 산화기 고장 등이 심폐바이패스 중의 흔한 사고들이다. 1970년대는 공기색전, 파종성 혈관내 응고 및 관류량 부족 등이 많았고 1980년대에는 protamine reaction이 가장 많았으며 공기색전과 파종성 혈관내 응고는 상대적으로 빈도가 감소하였다. 공기색전의 빈도가 감소한 것은 공기색전을 예방하기 위하여 저혈조의 수위감지 장치, 동맥도관내의 공기 감지장치, 동맥도관내에 ball valve 및 여과기 사용 등의 안전장치 사용과 관계가 있다. 또한 헤파린에 대한 환자의 반응이 다양하다는 것을 발견함으로써 수술도중에 ACT를 측정하여 헤파린에 대한 반응을 감시하게 됨으로써 바이패스후 혈액응고장애의 빈도를 줄이게 되었다.

참고 문헌

1. Mora CT, Guyton RA, Finlayson DC, Rigatti RL. *Cardio-pulmonary bypass*. 1st ed. New York: Springer-Verlag, 1995.
2. Bojar RM. *Adult cardiac surgery*. 1st ed. Boston: Blackwell Scientific Publications, 1992.
3. Sabiston DC, Jr., Spencer FC. *Surgery of the chest*. 6th ed. Philadelphia: W.B. Saunders company, 1995.
4. Kay PN. *Techniques in extracorporeal circulation*. 3rd ed. Boston: Butterworth-Heinemann Ltd, 1992.
5. Baue AE, Geha AS, Hammond GL, Laks H, Naunheim KS. *Glenn's Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 5th ed. East Norwalk: Appleton & Lange, 1991.