

중환자실 영역에서 환자감시의 현재와 미래

연세대학교 의과대학 마취과학교실

고 신 육

Advances in the Monitoring of the Patients in the Intensive Care Unit

Shin Ok Koh, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

서 론

중환자관리부분에서 위험률이 작고 조기에 환자를 진단하여 치료를 적기에 할 수 있는 정보체계를 개발하려는 요구가 증대되고 있다. 기존의 중환자 감시방법중에는 침습적이고 비용이 많이 들며 사용이 용이하지 않은 것이 있었다. 이에 비침습적인 방법으로 환자 상태를 빠르게 알아낼 수 있는 감시장치들이 속속 개발되고 있다. 이러한 새로운 접근방법과 기술들은 중환자 관리에 바로 상용될 수도 있고 어떤 것들은 미흡한 부분을 더 개선하여야 할 부분도 있다. 이에 본 저자는 미국 Society of Critical Care Medicine에서 1996년 발행한 New Horizon¹⁾에 있는 내용을 발췌하여 중환자실 영역에서의 변화된 환자감시 방법에 대하여 서술하고자 한다.

본 론

1) 속의 조기진단과 초기 치료

(1) 속의 중세: 혈액순환이 적절하지 못하면 조직에서 필요한 산소요구량을 공급하지 못하고 혈류량이 감소하며 조직관류가 부적절하게 된다. 염증, 폐혈증, 급성호흡곤란증후군등의 질환에서 환자를 소생시키는 일은 중환자실에서 흔한데, 이런 상황에서

산소운반은 심박출량, 혈색소, 동맥혈내 산소함량 증가를 최대화함으로서 얻어지며, 속동안 심박출량 증대는 수액투여, 수축촉진제, 혈관확장제 등을 병합 투여하여 얻을 수 있다. 미세혈관에 혈류량이 적절하게 분배되지 못하면 조직 저산소증과 산증이 말초와 폐모세혈관, 후세정맥에 나타난다. 저산소성 산증에 빠진 모세혈관 영역의 내피세포에서 대식세포를 동원하는 산소자유기, 키닌, 엘-스트레스 단백질등은 전신성 염증반응증후군(systemic inflammatory response syndrome, 이하 SIRS로 표기)을 일으키는 매개체들을 분비한다^{2,3)}. 매개체는 SIRS증상을 악화시켜 속과 재관류성 손상, 장기부전을 유발한다. 속과 장기부전의 시초에는 조직관류 저하와 미세혈류 감소 및 균등한 분배가 이루어지지 않는 중세들이 속증후군에 앞서서 나타나며, 장기부전은 관류 결핍이 지속되는 말기에 나타난다. 사이토카인과, TNF, interleukin-1, 6과 같은 키닌은 내피세포의 손상과 전신 염증에 관여하며 염증 반응은 모세혈관투과와 간질내 부종을 일으킨다. 최근 장의 혈류가 사이토카인과 키닌 생성에 중요한 역할을 하며, 관류결핍에 예민하여 혈액량 감소시에 다른 장기보다 일찍 나빠진다고 보고하였다. 장내 저산소증과 세포손상은 혈압과 심박수, 맥박산소계측기, 동맥혈, 중심정맥혈내 산소포화도가 정상이어도 발생할 수 있다.

(2) 속의 조기진단: 이제까지는 차고 축축한 피부, 의식상태의 변화, 약한 맥박 등과 불안정한 활력 정도의 변화로 속을 진단하고, 치료하였으나, 이런 피

상적인 증상의 교정만으로는 관류 결핍이 근본적으로 해결되지 않는다. 저혈압과 혈류량 감소 및 소변량 감소시에 순환부전으로 진단하여 환자감시를 시작하게 되는데, 이때는 이미 속 증상의 말기이므로 효과가 별로 없으며 속 환자의 50%는 조기에 진단하지 못하게 된다. 만약 혈압감소후에 치료를 시작한다면 사망률 감소에는 별 영향이 없을 것이다⁴⁾.

(3) 기록의 중요성: 수술중과 후에 시행하는 환자감시는 한번에 한 항목씩 관찰하여 교정하기 때문에 치료방법이 서로 연관이 없고 모순적일 수 있다. 따라서 적절한 방법이 사용될 수도 있으나 적절한 시기에 적절량이, 적절한 순서대로 언제나 사용되는 것은 아니다. 한편 치료가 서로 연결되기 위하여 응급실, 수술실, 중환자실로 환자가 전송되면서 이어지는 환자상태를 잘 기록하여야 한다. 저혈압이 발생하기 전부터 외상이나 출혈, 스트레스, 과거 병력으로 인하여 예정수술 시작시에 이미 순환기능에 변화가 생기게 된다. 생존자와 비 생존자 가능성, 예후 예측 및 기존의 순환기능상태를 명백히 하고 환자상태에 맞는 치료를 위하여 순환기능상태에 대한 철저한 기록이 필요하다⁵⁾.

2) 조직관류의 감시방법으로 폐모세혈관암의 이용

(1) 속 소생시에 감시방법: 속으로부터 환자를 소생시킬 때 좌심실용적과 심박출량과의 관계를 감시하게 되는데 심장이 정상으로 수축할 때 좌심실이 왼기밀압(left ventricular end - diastolic pressure, 이하 LVEDP로 표기)이 좌심실용적과 비슷하여 심박출량과 좌심실 압력과의 관계로 대치할 수 있다.

LVEDP는 삽입한 폐동맥카테터를 풍선으로 팽창하여 얻은 폐동맥폐쇄압(pulmonary artery occlusion pressure, 이하 PAOP로 표기)과 일치하며, PAOP는 수축 직전에 좌심실충만압 측정치를 의미한다. 허혈, 수축체사용, 심실비대와 확장증, 심막 주위의 삼출수, 호기밀양압등은 심실의 유순도를 변화시켜 심실 내에서의 용적과 압력관계에 영향미친다. 폐혈증이 호전 또는 악화됨에 따라 충만압력과 확장기밀압의 관계가 변하며⁶⁾, 염증성 속 상태에서는 좌심실유순도와 심근수축이 염증성 사이토카인에 의하여 감소하므로 속 소생시에 PAOP를 지표로 삼는 것은 충분하지 않을 수 있다. 또한 폐모세혈관부위

의 혈관조절에 작용하는 염증반응의 사이토카인과 자유산소기는 내피세포의 형태를 변형시키고 파괴하며 내피세포경계가 단단하던 것이 무너져서 분자량이 큰 알부민같은 물질이 누출되게 한다. 폐혈증시에는 정상 PAOP 또는 좌심방압상태에서도 폐모세혈관 누출에 대한 사이토카인의 영향으로 폐부종이 발생한다. 이 간질성 부종은 폐포부종을 형성하여 산소화기능과 급성호흡부전증후군(acute respiratory distress syndrome, 이하를 ARDS로 표기)을 더 악화시킨다. 진정한 의미의 폐모세혈관암은 폐간질성 부종을 형성하는 정수압을 의미하므로, 이런 상황에서 조직관류에 대한 LVEDP뿐만아니라 폐혈관내에서 부종을 형성하는 압력 역시 중환자실 전담 의사에게는 조직관류를 회복시키는 만큼 중요하다. 다시 말하면 적절한 조직관류 회복이 중요한 만큼 임상의들은 폐혈관내에서 부종형성 속도에 관심을 가져야 한다⁷⁾.

(2) 폐혈관에 영향미치는 매개체: 급성폐손상과 그로 인한 염증반응의 케스케이드의 활성으로 혈관바닥(bed)에서의 저항의 분배는 여러 자극에 의하여 변한다. 더욱이 이런 자극들은 폐동맥저항과 폐혈관저항들에 동일하게 영향을 미치지 않고, 모세혈관바닥의 동맥 또는 정맥쪽에 선택적인 영향을 미칠 수 있다. 실제적으로 히스타민, 트롬복сан, 혈소판 자극인자와 leukotriens 및 혈관수축 매개체들을 이용한 여러 연구에서 이 물질들이 선택적으로 폐혈관저항을 증가시켜서 폐모세혈관암과 폐동맥폐쇄암과의 차이를 증가시킨다는 보고를 하였다^{8,9)}. 이런 상태에서는 PAOP가 폐모세혈관에서 여파를 유도하는 압력을 정확하게 예측하거나 반영하지 못하므로, 염증성 속 환자의 수액투여의 지표로 PAOP를 이용하는 중환자실 담당 의사들을 당황하게 한다.

PAOP와 Pcap(pulmonary capillary pressure, 이하 Pcap) 차이가 염증성 질환인 폐혈증이나 ARDS에서는 크지만 비염증성 질환인 심부전이나 위장 출혈 환자에서는 작다¹⁰⁾. 폐혈증과 ARDS환자에서는 Pcap 뿐만 아니라 PAOP가 낮다고 판단될 때, PAOP-Pcap 차이는 클 수 있다. 임상의들이 속 치료시에 PAOP를 감시하면서 수액을 투여하는데, PAOP-Pcap차이가 큰 상태에서는 폐 간질내로 수액여과를 증가시킬 수 있다. 다시 말하면 대부분의 환자에서 감시되는 14 mmHg의 압력이 실제로는 20 mmHg 이상의

수치를 반영할 수 있다. 따라서 속을 치료하기 위하여 수액을 과잉 투여시에는 산소운반과 심혈관기능을 악화시키므로 심근수축제와 혈압상승제를 좀 더 일찍 투여하여야 한다는 결론이다.

(3) Pcap측정의 문제점: ARDS와 같이 폐병변이 비동질적일때는 폐동맥카테테르가 삽입되어 있는 부위가 폐의 평균쇄기압을 반영하지 못하고, 호흡에 의한 폴형으로 인하여 폐동맥폐쇄압을 측정하기 힘들다. 그리고 높은 수치의 PEEP요법을 받거나, 폐동맥카테테르가 폐의 제 3구역(zone 3)에 있지 않을 때는 폐동맥압이 폐포압을 반영하기 때문에 압력수치에 오차가 있을 수 있다⁸⁾. 또 폐동맥카테테르 팽창으로 폐쇄시간이 길어지면 빠르게 변하는 압력파형에 영향을 끼친다. 위와 같은 여러 문제점으로 인하여 Pcap 측정의 신빙성에 대하여 회의적이지만, 적절한 조직 관류 회복을 위하여 침상옆에서 Pcap측정은 속에 빠진 환자를 많이 접하는 임상의들에게 진단과 치료시에 많은 도움을 제공할 것이다.

3) 대수술 전 후에 조직 관류압 증대

(1) 수술 전 후기에 심폐기관의 생리적인 변화와 조직대사 요구량 변화: 수술전, 후에는 양압환기에 의한 생리적인 변화, 기능적잔기용량과 근육긴장도 감소 및 수술전후에 투여되는 약물들로 인하여 조직관류감소와 혈류량 재분배등이 일어나고 그 결과로 저산소성 혈관수축같은 정상 보상기전이 없어진다.

반면에 수술후에 발생하는 스트레스, 체온조절 또는 금식으로 인한 여러사항은 조직 관류의 증가를 요한다. 만약 조직으로 공급되는 산소량과 조직에서 요구되는 산소량의 균형이 깨질 때는 조직 저산소증이 유발된다¹¹⁾. 조직에서 요구되는 산소요구량을 충족시키기 위하여 심폐기능 보유력과 조직 관류를 증진시킬 때 두 가지의 갈등을 경험한다. 그 첫째는 심폐보유능력이 낮은 경우에는 허혈성 심질환이 발생할 가능성이 있어서 전통적으로 심장활동을 증가시키는 모든 상황을 제한하는 쪽으로 치료하여야 하므로 빈맥을 피하면서 조직에서 요구하는 증가된 대사량을 공급하여야 한다. 두 번째는 이미 조직 저산소증이 있는 환자에게 조직의 저산소증을 예방하기 위하여 치료할 때이다¹²⁾. 수술받을 예정인 대부분의 환자는 수술전후에 일어나는 대사성요구에 대

한 변화를 공급할 수 있는 충분한 심혈관계 보유능력이 있으나, 나이가 고령이고, 동반질환이 많을수록 심혈관계 보유력이 감소하여 변화된 대사성 요구량을 보상하기 힘들어 진다¹³⁾. 그리고 수술 시간이 길고, 마취 방법이 복잡할수록 조직에서 대사 및 요구량 증가로 심혈관계의 요구가 증가하고, 산소 요구와 공급에 균형이 깨지면, 관류량 감소와 조직 저산소증이 발생하여 SIRS, 다발성장기기능부전증후군(multiple organ dysfunction syndrome, 이하 MODS로 표기)이 발생하게 된다.

(2) MODS와 ARDS 발생: 대수술을 받을 예정인 환자들은 MODS와 ARDS가 발생할 가능성성이 있으며, MODS와 ARDS가 발생하면 중환자실 체재일이 길어지고 경제적으로 부담이 되며¹⁴⁾, 사망률도 60%에 달한다. 대량 출혈과 수액소실에 의한 속으로 대수술을 받을 때 ARDS의 발생 빈도가 제일 크며 과거병력이나 수술중 출혈로 다행수혈하게 되거나, 수술전후 vital organ 이상, 혈류량감소 및 패혈증의 경우에 이 합병증이 유발될 수 있다. ARDS를 치료하기 위하여 새로운 환기방법, monoclonal antibody투여, 체외혈마산소화(extracorporeal membrane oxygenation 이하 ECMO로 표기), 합성 계면활성제사용등을 추천하지만 치료 결과가 뚜렷하게 호전된 방법은 아직 없는 상태이다¹⁵⁾.

(3) MODS와 ARDS 발생 예방: 수술전후에는 상대적인 조직 저관류 발생을 예방하기 위하여 심혈관계 기관의 활동을 증가시키고, 요구량 증가에 대한 산소운반을 증가시키고, 가장 위험률이 높은 장기에 관류를 증가시켜야 한다. 예정된 수술종류와 환자의 심혈관계 기능에 따라 혈관내 수액투여를 조심스럽게 하는 것만으로는 수술중에 조직의 관류 저하를 예방하지는 못할 것이다. 수술전 후에 고위험군 환자 관리를 위하여 수술 전, 중과 후에 심폐기능에 대한 진단과 감시를 하여야 하며, 술 후에 의료장비와 훈련된 간호사들이 있는 중환자실 침상이 확보되어야 치료결과의 호전과 경비를 절감할 수 있을 것이다. 수술실에서 근무하는 마취과의사는 ARDS를 일으킬 만한 요인을 이해하고, 예방하기 위하여 노력하여야 한다. ARDS를 일으킬 만한 위험이 큰 환자에서 수술 전과 수술 후 8~12시간내에 말초조직의 관류를 유지시키면 장기부전과 수술로 인한 사망률을 감소시킬 수 있다¹⁶⁾. 수술중에 발생한

산소결핍현상은 수술 후에도 지속하므로 마취중에는 ① 혈관확장제 투여로 혈관수축을 방지하고, ② 조직관류를 유지하여, ③ 적절한 약물을 선택하여, ④ 조직의 부종을 예방하도록 한다¹⁷⁾.

① 혈관수축 방지: 혈관수축은 혈관확장제나 혈관내 용적을 채우면서 치료되는데 혈관 확장제중 nitroglycerine(이하 NTG로 표기)은 조직의 저산소증을 환원시키며 미세혈관혈류의 분배이상현상을 호전시킨다. NTG는 모세혈관과 정맥혈관을 확장하고 심근허혈을 회복 및 예방하는 관상동맥 확장제이며, 뇌와 장기내 조직관류를 증가시킨다.

NTG는 산화질소의 donor이며 neurohumoral modulators의 부작용을 감소시키거나 막는다. NTG는 중심정맥압이나 폐모세혈관쇄기압을 변화시키지 않고 혈관내 용적을 확장하고 가역적인 혈소판억제기능이 있다. NTG는 용량을 조절하기 쉽고, 효과가 가역적이며, 대사될 때 생성되는 독성물질이 없으며, 부작용이 미미하다는 이점이 있는 반면, sodium nitroprusside 사용은 사이나이드독성과 반사성 빈맥과 관상동맥 스틸현상으로 바람직하지 않다. 도파민은 선택적인 장내 혈관확장제의 이득이 있다.

② 수술 조직관류 유지: 암 수술도중에 수혈을 빨리 하여야 할 때는 다량수혈로 인한 체온감소, 출혈이상과 산-염기 이상, 전해질이상등이 생기지 않도록 조심하여야 한다. 수혈후에도 조직관류가 적절하지 않아서 소변량이 적절하지 않을 때는 혈관수축제를 투여하여야 한다. 산증, 저산소증, 저혈압 및 소변량이 부적절할 때나, 기도내압과 폐동맥압 상승은 스트레스로 키닌이 생성됨을 나타내며, 이어 ARDS가 발생한다. 조직 관류와 세포내 산소화유지 외에도 전해질과 혈당농도를 측정하여 저, 고혈당으로 인한 부작용을 줄인다.

③ 약물의 선택: 히스타민 분비를 억제하는 약물을 사용하여 세포기능을 저하하고 분열시키는 흡입마취제와 N₂O 및 강력한 α₁ 혈관수축제 역시 피한다. 혈역학적 안정성이 있는 케타민을 사용하게 되는데, 요즈음 사이토카인과 키닌생성을 감소시키고 라이조좀효소 유리를 감소시킨다¹⁸⁾는 보고가 있다.

④ 조직부종예방: 수액의 과량 투여와 간질내 수분 축적으로 조직부종이 발생하면 교질암투압이 낮아지고 정수압이 증가하여 간질내에 수액축적을 더 조장한다. 히스타민, 키닌, 보체파괴 생성물같은

조직투과를 변화시키는 매개체들은 모세투과를 증가시키고 혈관외 수분을 증가시켜 장, 간장, 신장, 중추신경계, 폐, 말초조직에 간질성, 및 조직부종을 일으킨다. 적절한 수액과 만니톨 투여로 교질암, 정수압 및 오스뮴을 유지할 수 있다. 이때 만니톨은 장, 신장, 중추신경계에서 조직부종을 예방하는 불활성화 당분자이므로 항이뇨분비를 촉진하여 신장기능이상을 예방하는데 유용하며, 자유기 청소기능이 있다.

(4) 조직관류변화와 예후: 심박출계수와 산소운반량을 정상보다 높게 유지하여 치료한 군은 그렇지 않은 군보다 후유증과 사망률이 낮았으나¹⁹⁾, 입실범주에 해당하는 항목이 많거나(Table 1), 조직의 저관류로 인한 저산소증으로 비가역적 변화가 온 후에는 조직관류를 증가시키는 과정 자체가 일반적으로 사망률을 감소시키지는 않았다¹³⁾.

4) 노인 환자수술시 혈역학적 감시방법

(1) 노인환자에서 생리적인 변화: 평균수명의 연장으로 65세 이상의 환자가 중환자실 입실환자의 50%를 차지할 수 있으며, 나이가 많을수록 사망률이 영향받을 수 있으나 환자 상태에 따라 연구결과는 다르다²⁰⁾. 폐혈증이나 수술로 인하여 조직에서 요구하는 산소량 증가시에 젊은 환자에서는 조직에서 증가된 산소요구량을 만족시키기 위하여 심박출량을 증가시키는 것이 별로 부담이 되지 않지만, 노인층에서는 조직의 요구량을 만족시키기 위하여 수축제

Table 1. 중환자실 입실 범주¹³⁾

이전에 심한 심폐질환의 과거력이 있을 때
예) 급성 심경색증, 만성폐쇄성 폐질환, 뇌졸중 암 제거를 위한 광범위한 수술
예) 식도재건술, 위절제술, 방광절제술
다량출혈- 8 단위이상의 출혈
폐혈증- 혈액배양에서 균 검출이 되거나 폐혈증의 증거가 있을 때
호흡부전증 : 흡입산소분율 0.4이상에서 동맥혈산소분압이 60mmHg이하거나, 환기보조를 48시간이상 받을 때
불안정한 혈역학적 증상과 함께 급성 복부이상이 있을 때
급성 신부전증
동맥질환을 포함한 말기의 혈관질환

를 사용하고 수혈을 하여야 할 때가 있다. 생리적 변화는 나이가 들수록 서서히 개인에 따라 변하여 면역학적 기능감소, 폐, 간, 신장, 심장등 장기 기능이 감소하며, 병원성 감염발생 증가와 심혈관기능 및 myocyte수도 나이에 따라 감소한다. 건강한 노인 층에서 혈역학적 항목들을 중심으로 연구결과, 안정 시 일회 박출량과 심박출량이 낮았고, 좌심실이완압 감소와 심근의 이완시간도 길어지고 산소에 의존하며 특히 저산소증에 예민하므로 이완성 심부전의 위험이 있다²¹⁾. 패혈증, 급성 호흡곤란증후군, 출혈성 속 등으로 외과계중환자실에 입실환자에서 심근 경색증의 발생 빈도는 12%이며 내과계 중환자실 입실 환자에서는 15%이었다. 이 환자중 산소운반량을 600 mL/min/m^2 로 증가시킨 군은 $450\sim550 \text{ mL/min/m}^2$ 로 유지시킨 군보다 심근경색증 발생이 적었으나, 50세 이상의 환자들은 스스로 산소운반량을 600 mL/min/m^2 이상을 증가시키지 못하였다²²⁾.

(2) 수혈: 환자의 상태에 따라 수혈의 필요성이 결정되어야 한다. 평균나이 47세, 심근수축량이 40% 이상이고 coronary artery bypass graft 받은 환자나 심혈관계 기능이 좋은 69세 환자에서는 헤마토크리트가 낮을 때 사망률을 증가시키지 않으나, 심근기능이 저하되고 혈색소가 낮은 경우에는 사망률이 증가한다. 혈관수술후에 헤마토크리트가 28%이하인 경우 심장 이완율과 사망률이 높기 때문에, 산소운반을 최대화하고 추출률을 유지하기 위하여 수혈을 권하고 있다²³⁾.

(3) 이상적인 산소추출률: 모든 환자에서 이상적인 산소운반과 소모량을 한가지 수치로 정하는 것은 무리가 있지만, 65세 이상인 경우에는 산소소모와 추출비율이 낮기 때문에 조직에서의 산소요구량을 만족시키기 위하여 산소운반을 $450\sim550 \text{ mL/min/m}^2$ 로 유지하여도 적절할 것이다. 산소소모와 운반에 대한 비율을 산소추출비율로 나타내기 때문에 산소 추출률을 치료의 목표치로 삼는 것이 보다 더 타당하다. 안정시 산소추출률은 0.25이며 이보다 높을 때 산소요구량에 대한 운반량이 적절하지 못한 것을 나타낸다. 패혈증, SIRS, ARDS등의 환자중 산소운반이 높고 산소추출률이 낮은 경우에 생존자가 많았다. 산소운반과 요구에 대한 균형을 맞추기 위하여 안정체 투여나 체온 유지등 산소소모를 증가시키지 않는 쪽으로 치료한다²⁴⁾. MODS와 패혈증,

외상 환자에서 소생하여 회복된 후에도 유산농도가 계속 높아 있으면 사망률이 증가하므로 유산 농도가 정상으로 돌아온다고 하여도 조직판류를 보장할 수 없다.

5) 국소조직의 저산소증 감시방법으로 위장관 토노메타의 이용

(1) 이론적 배경: 호기성 에너지 공급량보다 세포에너지 요구량이 클 때를 산소공급장애(dysoxia)로 정의하며²⁵⁾, 패혈증, 급성호흡곤란증후군, 대외상등의 경우 이런 현상이 발생한다. Dysoxia에 대한 지구력은 세포대사율, 유용한 산소저장원, 혈기성 에너지 생성에 대한 세포능력과 국소혈액관류의 복합기능으로 표현된다. 따라서 휴식기의 골격근육은 대사율이 낮고, 마이오클로빈에서 에너지 저장원이 크므로 뇌, 신장, 장관보다 dysoxia에 잘 견디며, dysoxia를 견뎌내는 정도는 국소혈류의 분포에 의하여 결정된다.

혈류는 모든 조직에 골고루 분배되는 것이 아니고 각 세포의 산소요구량에 따라 공급하게 되며, 각 장기의 관류는 macrocirculatory system에 작용하는 신경, 호르몬 기능의 상호작용에 따라 조절된다.

신경 및 호르몬에 의한 영향은 동맥혈의 3번째 가지 즉 미세혈관 부위에서 감소하며, 이 부위에서는 장기의 내적인 배열에 의하여 혈액순환이 조절된다.

따라서 미세혈관 연결망이 풍부한 조직은 넘치는 모세혈류량을 조절하며, 여러 모세혈관을 동원(recruiting)할 수 있는 장기는 모세혈관이 적은 장기보다 국소혈류량을 조절하여 저산소성 발생에 강하다. 반면에 위장점막은 미세혈관공급이 제한되어, 하나 또는 수 개의 정맥근처에 있는 모세혈관 하나에서만 혈관분배를 받으므로 이 점막내 미세혈관은 역류계 순환(countercurrent circulation)에 의하여 배치된다.

이런 역류계순환은 solute를 세포의 공간에서 잘 흡수하지만 혈류량 조절이 거의 되지 않으며²⁶⁾, 위에서 아래까지 산소분압차이가 얼마 되지 않기 때문에 dysoxic injury에 빠지기 쉽다. 이와 비슷한 구조가 위에 존재하며, 이런 구조적인 특징으로 인하여 전신상태가 악화되기 전에 위점막에서 미리 감시할 수 있다²⁷⁾.

(2) 위장관토노메타: 이 방법은 위장관내에 삽입한 카테터의 끝에 있는 벌룬을 액체로 채운 후에 위

점막층과 액체로 채워진 벌룬사이의 이산화탄소분압이 평형이 될 때 액체내의 이산화탄소분압 측정으로 장관점막의 이산화탄소분압을 간접적으로 측정하는 것이다²⁸⁾.

조직의 저산소증을 감시하기 위하여 위장관토노메타를 이용하는 것은 혐기성 대사에 따라 조직에서 이산화탄소 생성이 증가한다는 이론적 배경에 근거한 것이다. 호기성 대사중 이산화탄소 생성은 산소소모기능으로 표현되며 혐기성 대사는 H 이온을 생성하여 중탄산염과 함께 이산화탄소를 생성한다. 저산소증시에 산소소모에 대한 이산화탄소생성은 가수분해를 일으켜서 혐기성대사동안 세포내 수소이온이 축적되며 이는 $H^+ + HCO_3^- = H_2O + CO_2$ 의 식이 성립된다. 그래서 CO_2 의 생성은 저산소증 동안 세포성 에너지 균형의 적절성을 나타내는 지표가 될 수 있다. 따라서 토노메트리란 저산소증에 예민한 장기의 대사상태를 비침습적으로 정보를 얻을 수 있고, 이 방법은 환기 보조에서 이탈의 성공여부, 장허혈, 위궤양과 대외상 및 동종 간이식후에 생존율을 예측할 때 이용할 수 있다²⁹⁾.

(3) 중환자실 입실 환자의 예후 지표: 위점막 pH는 산소운반과 산소소모, 유산농도나 염기결핍 항목보다도 환자사망률과 더 유의한 관계가 있고, 다발성장기부전증이 발생할 환자를 예측할 수 있었다. 패혈증 환자 사망률 예측시에 혈중 유산농도와 위점막 pH를 이용한 연구에서 유산 농도는 별 차이가 없었지만 위점막 pH는 생존자에서 높았고 산소운반과 위점막 pH를 증가시킨 연구군에서 중환자실 체재일과 병원체재일이 호전되었다고 보고하였다.

(4) 보다 개선된 방법: 토노메트리에 식염수를 넣는 방법은 부분적으로 평형 잡히는 시간이 일정하지 않으며 saline sample에 약간의 공기가 섞일 때, 토노메타의 이산화탄소분압을 높게 측정하는 오차가 있을 수 있다. 요즈음 식염수대신 공기를 주입하고 자동적으로 이산화탄소분압을 infrared analysis에 의하여 측정할 수 있는 방법이 개발되었다³⁰⁾.

6) 조직산소화 측정으로서 Near Infrared Spectroscopy의 사용

전반적인 장기기능의 측정결과가 세포조직에서의 기능부전을 잘 반영할 수 없고 다발성장기부전증발생시 예후가 나쁘므로, 원하는 조직의 대사상태를

직접 감시할 수 있는 방법을 찾기 시작하였다. Near Infrared Spectroscopy(이하 NIRS로 표기)는 근육이나 뇌같은 선택적인 조직에서 비침습적으로 지속적으로 산소화상태를 감시할 수 있다³¹⁾. 혈색소, 마아오글로빈과 사이토크롬-c는 산소유용성에 대한 반응으로 NIRS light흡수에 변화를 보이는 생화학적 복합체이다. NIRS로 조직산소화의 변화를 결정하며, 조직의 혈류량, 산소운반, 일부분의 산소화된 혈색소와 비 산소화된 혈색소, 세포성 미토콘드리아, 사이토크롬 a, a3의 환원 - 산화상태를 측정하여^{32,33)}, 비 침습적이고 비 파괴적인 방법으로 국소조직의 산소화를 측정할 수 있다. NIRS는 산소운반부터 조직의 혐기성, 호기성 대사상태까지 산소대사의 적절성을 평가할 수 있는 이점이 있다. 반면 여러 회사에서 각각 다른 방법으로 고안되어 어떤 기구는 혈색소부분을, 어떤 것은 사이토크롬의 산화-환원상태만 측정할 수 밖에 없으며, 좀 더 깊이 위치한 조직의 상태를 측정하기 위하여 기술적인 어려움이 있다³⁴⁾.

결론 및 요약

조직의 미세혈액순환의 형태, 생리와 면역기전을 이해하고, 수술 전, 후로 말초조직의 관류를 유지시키면 장기부전과 수술로 인한 중환자의 사망률을 감소시킬 수 있을 것이다. 65세 이상의 노인에서는 산소소모량과 추출비율이 상대적으로 낮기 때문에 조직에서의 산소요구량을 총족시키기 위하여 산소운반을 450~550 mL/min/m²로 낮추어 유지하여도 적절하며, 산소추출률을 치료의 목표치로 삼는 것이 보다 더 타당하다.

일찍이 혈암, 소변량, 의식상태등을 이용하여 환자상태를 감시하였고 전반적인 조직관류와 장기기능을 보장하는 산소대사에 중점을 두었다. 산소운반과 산소소모등 혈역학적 항목은 폐동맥에 카테테르를 삽입하여 얻을 수 있으나 유사한 질환의 환자에서 일치하는 결과를 얻을 수가 없어서 기본적으로 사용하는데 제한을 받아왔다. 즉 패혈증과 다발성장기부전증의 환자의 상태가 나빠지기 전에 폐동맥카테테르를 삽입하고 치료한 군에서는 많은 정보로 치료에 도움을 받았으나, 삽입시기가 부적절할 경우에 환자상태에 대한 정보를 얻을 수 있는 시기를 놓칠 수 있다.

비침습적인 감시는 언제 어디서나 지속적으로 이용할 수 있으며, 침습적인 방법보다 경제적이고 안전하지만 결과가 정확하지 않다.

토노메트리에 식염수를 넣는 방법은 평형잡는 시간이 일정하지 않고 식염수 검출액에 약간의 공기가 섞이면, 측정치에 오차가 있을 수 있다. NIRS는 종류마다 사용방법이 다르고 같은 측정상태를 다르게 해석할 수 있으며, 측정에 기술적인 어려움이 있다.

저자는 향후 위험률이 적고 환자상태를 치밀하게 분석할 수 있으며 사용이 용이한 감시방법이 고안되어야 한다고 사료된다.

참 고 문 헌

- Shoemaker WC, Belzberg H, Gutierrez G, Taylor DE, Brown SD: Recent advance in invasive and noninvasive monitoring. *New Horiz CCM* 1996; 4: 393-42.
- Waxman K: Shock: ischemia, reperfusion, and inflammation. *New Horiz* 1996; 4: 153-60.
- Scannell G: Leukocyte responses to hypoxic/ischemic conditions. *New Horiz* 1996; 4: 179-83.
- Shoemaker WC, Wo CCJ, Demetriades D, Belzberg H, Asensio JA: Early physiologic patterns in acute illness and accidents: Toward a concept of circulatory dysfunction and shock based on invasive and non-invasive hemodynamic monitoring. *New Horiz* 1996; 4: 395-412.
- Shoemaker WC: Temporal physiologic patterns of shock and circulatory dysfunction based on early descriptions by invasive and noninvasive monitoring. *New Horiz* 1996; 4: 300-18.
- Ellman H: Capillary permeability in septic patients. *Crit Care Med* 1984; 12: 629-33.
- Levy MM: Pulmonary capillary pressure and tissue perfusion: Clinical implications during resuscitation from shock. *New Horiz* 1996; 4: 504-18.
- Linehan JH, Dawson CA, Rickaby DA: Distribution of vascular resistance and compliance in a dog lung lobe. *J Appl Physiol* 1982; 53: 158-68.
- Cope DK, Taylor MD, Longenecker GL: Acute lung injury: Interactions between pulmonary capillary pressure, platelet microaggregates and arachidonic acid derivatives. *Abstr Anesthesiology* 1989; 67: 198.
- Law W, Krahmer R, Vitello J: Pulmonary arterial wedge pressure: A poor index of left heart filling pressure in sepsis. *Abstr Crit Care Med* 1993; 19: A193.
- Boyd O, Bennett D: Enhancement of perioperative tissue perfusion as a therapeutic strategy for major surgery. *New Horiz* 1996; 4: 453-65.
- Juste RN, Lawson AD, Soni N: Minimizing cardiac anaesthetic risk: The tortoise or the hare? *Anaesthesia* 1996; 51: 255-62.
- Boyd O, Grounds RM, Bennett ED: A randomized clinical trial of the effect of deliberated perioperative increase of oxygen delivery on mortality in high risk surgical patients. *JAMA* 1993; 270(2): 699-707.
- Ghio AJ, Elliot CG, Crapo RO: Impairment after adult respiratory distress syndrome: An evaluation based on American Thoracic Society recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139: 1158-162.
- Thangathurai D, Charbonnet C, Wo CCJ, Shoemaker WC, Mikhail MS: Intraoperative maintenance of tissue perfusion prevents ARDS. *New Horiz* 1996; 4: 466-74.
- Shoemaker WC, Apple PL, Kram HB: Role of oxygen debt in the development of organ failure, sepsis, and death in high risk surgical patients. *Chest* 1992; 102: 208-15.
- Boyd O, Grounds M, Bennett D: Preoperative increase of oxygen delivery reduces mortality in high risk surgical patients. *JAMA* 1993; 270: 2699-707.
- Van der Linden P, Gilbart E, Engelmann E: Comparison of halothane, isoflurane, alfentanil and ketamine in experimental septic shock. *Anesth Analg* 1990; 70: 608-17.
- Edwards JD, Brown CS, Nightingale P: The use of survivors cardiorespiratory values as therapeutic goals in septic shock. *Crit Care Med* 1989; 17: 1098-103.
- Mahul PH, Perrot D, Tempelhoff G: Short and long term prognosis, functional outcome following ICU for elderly. *Intensive Care Med* 1991; 17: 7-10.
- Yu M: Invasive and noninvasive oxygen consumption and hemodynamic monitoring in elderly surgical patients. *New Horiz* 1996; 4: 443-52.
- Yu M, Takanish D, Myers SA: Frequency of mortality and myocardial infarction during maximizing oxygen delivery. A prospective, randomized trial. *Crit Care Med* 1995; 23: 1025-32.
- Greenberg AG: A physiologic basis for red blood cell transfusion decisions. *Am J Surg* 1995; 170(Suppl): 44s-8s.
- Harding J, Kemper M, Weissman C: Midazolam attenuates the metabolic and cardiopulmonary responses to an acute increase in oxygen demand. *Chest* 1994; 106: 194-200.
- Robin ED: Of men and mitochondria: Coping with hypoxic-dysxia. The 1980 J Burns Amberson Lect.

- ture. Am Rev Respir Dis 1980; 122: 517-31.
26. Gutierrez G, Brown SD: Gastrointestinal tonometry: a monitor of regional dysoxia. New Horiz 1996; 4: 413-19.
27. 고신옥: 조직산소화의 감시. 대한증환자의학회 1996; 12: 139-44.
28. Fiddian-Green RG: Should measurement of tissue pH and PO₂ be included in the routine monitoring of intensive care unit patients? Crit Care Med 1991; 19: 141-3.
29. Mohsenifar Z, Hay A, Hay J: Gastric intramucosal pH as a predictor of success or failure in weaning patients from mechanical ventilation. Ann Intern Med 1993; 119: 794-8.
30. Gutierrez G, Brown SD: Gastric tonometry: A new monitoring modality in the intensive care unit. J of Intensive Care Med 1995; 10: 34-44.
31. Fallon P, Roberts I, Kirkham FJ: Cerebral hemodynamics during cardiopulmonary bypass in children using infra - red spectroscopy. Ann Thorac Surg 1993; 56: 1473-7.
32. Piantadosi CA, Hemstreet TM, Jobsis-Vandervleit FF: Near infrared spectrophotometric monitoring of oxygen distribution to intact brain and skeletal muscle tissues. Crit Care Med 1986; 14: 698-706.
33. Simonson SG, Welty-Wolf K, Huang Y-CT: Altered mitochondrial redox responses in gram negative septic shock in primates. Circ Shock 1994; 43: 34-43.
34. Taylor DE, Simonson SS: Use of near-infrared spectroscopy to monitor tissue oxygenation. New Horiz 1996; 4: 420-5.
-