

기관 삽관후 인공호흡기를 적용한 개심술 환자의 인공기도 체외 용적이 폐환기 상태에 미치는 영향

유정숙 · 윤선희 · 송계희 · 민열하*

I. 서 론

1. 연구의 필요성

소아중환자실에서는 대부분의 환아들이 인공호흡기를 통해 기계적 환기를 제공받고 있다.

수술 후 마취에서 완전히 회복되지 않은 환아, 자발 호흡이 없는 환아, 개심술 후 철저히 안정적인 안정을 위하여 근이완제나 진정제 등을 투약하는 환아 등에게 기계적 환기(mechanical ventilation)를 제공하기 위해 기관 내 삽관(intubation) 후 인공호흡기를 적용하고 있다. 기관 내 삽관 후 인공호흡기를 적용하는 환아들의 간호에서 간과해서는 안되는 부분이 사강(dead space)의 발생이다. 사강이란 흡기가스와 호기가스가 혼합되는 곳으로 가스교환이 일어나지 않는 기도의 용적을 말하며, 해부학적 사강과 생리적 사강으로 나뉜다. 사강의 정도를 확인하는 지표로 호기말 이산화탄소 분압치($Et\text{CO}_2$)와 동맥혈 이산화탄소 분압치($Pa\text{CO}_2$)의 측정법이 있다. 호기말 이산화탄소 분압치는 동맥혈 이산화탄소 가스 분압치를 간접적으로 나타내는 지표이며 마취 중, 혹은 인공호흡기 적용 환자의 환기 상태를 비침습적이고 지속적으로 감시할 수 있다는 점에서 유용하게 사용되고 있다.

소아 환자의 기도 유지에 있어서 기관내 삽관 튜브의

크기 선택과 깊이의 결정은 매우 중요하다. 환기 보조를 위한 기관내 삽관시 흡입량의 손실로 인해 저환기가 발생하지 않도록 적당한 크기의 튜브를 선택하고, 적절한 위치에 기관내 삽관 튜브(Endotracheal tube)를 고정한다.

기관내 삽관튜브가 크면 폐환기가 용이하고 튜브를 통과하는 공기의 저항이 감소하지만, 너무 크면 기관내 삽관이 되지 않아 다시 삽관을 시도하여야 하고 삽관이 되었다 하더라도 발관(extubation) 후 통증 및 기도의 협착을 유발할 가능성이 커진다. 또한 기관내 삽관 튜브의 크기가 너무 작으면 공기가 지나치게 유출되어 환기 유지와 양압호흡법에 어려움이 있고, 튜브를 통과하는 공기의 저항이 증가한다.

또한 기관내 삽관 튜브의 깊이도 중요한데, 깊이가 너무 깊으면 일측폐환기가 되고, 깊이가 너무 얕으면 발관되기 쉽다. 이러한 임상적 문제를 바탕으로 튜브 크기의 선택이나 기관삽관의 위치를 고정하는 기준에 대해서는 여러 연구에서 그 지침을 마련하여 임상에 적용하고자 노력하고 있다.

기관내 삽관 튜브의 크기나 깊이 뿐 아니라 그 전체 길이 또한 매우 중요하다.

기관내 삽관을 한 경우 기관내 삽관튜브 자체에 의해 해부학적 사강을 줄일 수는 있으나, 기관내 삽관 튜브의 체외용적이 지나치게 클 경우에는 오히려 인공적 사강

* 서울대학교병원 소아중환자실

투고일 2000년 7월 10일 심사일 2000년 9월 6일 심사완료일 2001년 2월 14일

범위를 증대시키는 부작용이 발생할 수 있다. 기관내 삽관 튜브의 체외용적 뿐 아니라 인공적 사강 범위를 만드는 것으로 인공 호흡기 회로의 연결부위, 호기말 이산화탄소량 측정을 위한 감지장치, 폐쇄용 흡인기구 등이 있다. 특히 소아에서는 판아의 일회호흡량(tidal volume)이 적기 때문에 인공적 사강 범위를 만들지 않도록 통제하는 것이 호흡기 간호에 있어 매우 중요하다.

인공기도를 통해 인공호흡기 간호를 시행하는 중환자실과 같은 현장에서 기관내 삽관튜브의 크기나 기관 내 고정위치는 중요하게 여기지만 기관내 삽관튜브에 의한 사강 효과에 대한 연구 내용이나 일정한 지침은 없는 상태이다.

일부에서는 인공기도의 체외용적에 의한 인공적 사강 범위를 줄이고자 기관내 삽관 튜브의 길이를 지나치게 짧게 자르는 경우가 종종 있는데, 이러한 과정에서 인공 호흡기와 연결부위가 빠지거나, 발관(accidental extubation)의 위험이 있으며 결과적으로 개심술 후 혈액역학적 상태가 불안정된 때 저산소(hypoxic) 상태를 유발할 수도 있다.

따라서 본 연구에서는 기관내 삽관 튜브의 내경이 일정할 때 인공기도의 체외용적이 인공적 사강 범위로 얼마나 작용하는지에 대해 폐환기 상태의 지표인 E_TCO_2 , $PaCO_2$, SpO_2 등을 측정하여 인공기도의 적정 체외용적을 알아내고, 이를 임상에 적용하여 효과적인 호흡관리를 하는데 도움이 되고자 한다.

2. 연구목적

본 연구는 인공기도의 체외 용적이 폐환기 상태에 미치는 효과를 검증하고자 한다.

구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 인공기도 체외용적 차이가 호기말 이산화탄소 분압치에 미치는 효과를 검증한다.
- 2) 인공기도 체외용적의 차이가 동맥혈 이산화탄소 분압치에 미치는 효과를 검증한다.
- 3) 인공기도 체외용적의 차이가 산소포화도에 미치는 효과를 검증한다.
- 4) 인공기도 체외용적의 차이가 호기말 이산화탄소 분압치와 동맥혈 이산화탄소 분압치의 차이에 미치는 효과를 검증한다.

3. 용어정의

1) 인공기도 체외 용적

인공기도 체외용적은 인공적 사강 범위가 된다. 본 연구에서 기술한 용어로 기관내 삽관이 되어 있는 상태에서 대상자의 입술선 부터 인공호흡기 튜브 끝의 'J'자 연결관 까지의 용적을 말한다.

2) 폐환기(Pulmonary Ventilation)

흡기와 호기로 이루어지는 가스교환을 통하여 산소섭취와 이산화탄소 배출과정을 말한다. 본 연구에서는 산소포화도, 호기말 이산화탄소 분압치, 동맥혈 이산화탄소 분압치, 호기말과 동맥혈 이산화탄소 분압치의 차이를 지표로 폐환기를 설명한다.

3) 호기말 탄산가스 분압(E_TCO_2 -End tidal CO_2)

비침투적인 방법으로 호기가스에 포함된 이산화탄소의 압력과 폐포환기시 배출되는 이산화탄소의 변화를 관찰하는 것이다. 본 연구에서는 S사에서 제작한 patient monitor에서 E_TCO_2 를 1분 동안 측정하여 그 중 가장 높은 값을 취한 수치를 말한다.

4) 동맥혈 이산화탄소 분압($PaCO_2$ -Partial pressure of arterial Carbon Dioxide)

혈중 이산화탄소 농도로 본 연구에서는 GEM-Premier®에서 시행한 혈액가스 분석치 중 $PaCO_2$ 치를 말한다.

5) 산소포화도(SpO_2 -Pulsatile Oxygen Saturation)

피부에 부착된 감지장치를 통해 적외선을 방출하여 말초동맥의 산소화된 헤모글로빈에 적외선이 흡수되는 원리를 이용한 비침투적인 방법으로 조직의 산소화를 관찰하는 것이다. 본 연구에서는 S사에서 제작한 patient monitor에서 SpO_2 를 1분 동안 측정하여 그 중 가장 높은 값을 취한 수치를 말한다.

4. 연구가설

- 1) 인공기도의 체외 용적을 줄이면 호기말 이산화탄소 분압치는 감소할 것이다.
- 2) 인공기도의 체외 용적을 줄이면 동맥혈 이산화탄소 분압치는 감소할 것이다.
- 3) 인공기도의 체외 용적을 줄이면 산소포화도는 증가할 것이다.
- 4) 인공기도의 체외 용적을 줄이면 호기말 이산화탄소

분압치와 동맥혈 이산화탄소 분압치 간의 차이가 감소할 것이다.

II. 문헌 고찰

1. 인공기도 체외용적 - 사강(Dead space)

사강이란 가스교환이 일어나지 않는 기도의 용적을 말하며, 해부학적 사강과 생리적 사강으로 나뉜다. 해부학적 사강은 비강 및 그와 연계된 비인두, 후두, 기관, 기관지 및 종말세기관지까지의 구조적인 사강을 말하며, 생리적인 사강은 해부학적인 사강에 더해 각종 질병, 관류에 대한 환기 불균형 등에 의해 발생하는 폐포 사강을 합한 의미를 말한다. 해부학적 사강은 체중 1과 운동당 1ml정도가 된다(Kim, 1995).

사강률은 일회 호흡용적당 차지하는 사강용적을 말하며, 이는 동맥혈 이산화탄소 분압(P_aCO_2)과 호기말 이산화탄소 분압차(E_tCO_2) 간의 차이를 동맥혈 이산화탄소 분압(P_aCO_2)으로 나눈 값으로 나타내어진다(Marino, 1991).

폐포사강은 생리학적 사강에서 해부학적 사강을 뺀 용적을 말한다. 출혈, 머리부위 및 상체를 높인 체위, 앉은 자세에서 기도내 양압호흡법, 폐색전증 등에서 폐포사강이 증가하게 되어 잉와위에서는 폐포사강이 감소하게 된다. 체위변경이나 기관지 폐질환에서 치립 환기와 관류 간의 균형(V/Q ratio)이 맞지않게 되면 폐는 국소적인 반응을 하여 환기와 관류 간의 균형을 유지 시키려는 생리적 반응을 보이게 된다. 폐혈류량이 증가되는 부위에서는 폐포가스 내 산소의 혈중 섭취가 증가되고 따라서 폐포내 산소분압은 감소되어 국소적 폐혈관 수축을 야기하여 폐혈류를 재분포시키게 된다. 또한 어느 부위에 상대적으로 환기량이 증가되어 관류에 대한 환기비가 호전되면 폐포로부터의 이산화탄소 배출이 증가되어 폐포내 이산화탄소 분압은 하강하고 그 부위에 국소적 기관지 수축을 함으로써 국소적 관류에 대한 환기비를 감소시켜 주게 된다(Kim, 1995).

환기 즉 이산화탄소 배출은 사강, 분시호흡량, 심박출량에 의해 좌우된다.

인공호흡기는 환자의 호흡노력에 관계없이 일정한 호흡용적 또는 압력을 일정한 호흡수로 강제 호흡을 시키는 양압 환기 양식을 지속적 강제 호흡법(continuous mandatory ventilation) mode나 환자의 호흡노력에 맞추어 간헐적 강제 호흡만 주는 간헐적 강제 호흡법

(Synchronized intermittently mandatory ventilation) mode을 적용하여 인공호흡 할 수 있다. 강제호흡시 흡기와 호기 시간, 일호흡량에 분당 호흡횟수를 더한 분시호흡량 등은 폐환기량에 영향을 미치는 중요한 요인이 된다.

이산화탄소 생성량이 비교적 일정하다고 볼 때 분시호흡량은 폐포환기량에 비례한다. 기계적으로 미리 조절된 분시호흡량으로 환기를 시키더라도 인공호흡기 회로 내에서 가스의 압축으로 인해 가스용적이 손실되는 압축손실, 혹은 기관튜브 주위로의 누출에 의해 효과적 분시호흡량을 투여할 수 없게 되는 경우가 있다. 심박출량의 감소는 사강을 증가시키는 결과를 초래하며, 호기시간이 짧으면 이산화탄소의 배출이 감소하게 된다(Kim, 1995).

인공호흡기의 내용적, 가슴기의 용적, 호흡회로의 탄성 및 흡기압에 의해 환자에게 전달되지 못하고 소실되는 용적을 압축용적이라 하며 이는 인공호흡기의 종류, 호흡회로와 폐의 유순도, 가슴기의 형태, 기관튜브의 누출 등에 의해 변할 수 있다. 작은 내경의 인공호흡기 회로를 사용하거나 뿔뿔하고 두터운 회로를 사용하여 회로의 유순도를 감소시키거나, 짧은 회로를 사용하거나 회로 밸브를 기도입구에 설치하여 회로의 용적을 감소시키고, 가슴기의 크기를 감소시키거나 가슴기의 물 높이를 높이는 등의 방법으로 압축용적을 감소시킨다(Kim, 1995).

인공적 사강은 생리적 사강 범위 외에 외부적으로 부가되는 것으로, 예를들면 기관내 삽관 튜브의 용적이나 인공호흡기의 호기관과 흡기관이 분리되지 않은 호기가스와 흡기가스가 혼합되는 공간 등을 들 수 있겠다.

폐환기의 규모는 폐용적(lung volume)에 따라 결정된다. 일회호흡량(V_T : tidal volume)이란 일상 호흡시에 폐로 들어가는 공기의 양을 말하며 보통 체중 1kg당 6~7ml이다.

보통 체중이 10kg 이상되는 소아환자에서는 양조절식 인공호흡기가 흔히 사용된다. 양조절식 인공호흡기는 미리 맞추어진 가스용적이 전달되면 흡기가 끝나도록 되어 있는 장치로, 실제 전달되는 호흡량은 기관지 삽관 튜브의 커프 유무에 따라 또는 인공호흡기의 호흡회로와 환자의 호흡기계 유순도에 따라 달라질 수 있다.

체중 10kg이하의 소아나 신생아, 미숙아 등에서는 압제한식 시간 주기형 인공호흡기의 사용이 보편화되어 있다. 이것은 기관내 삽관시 25~30cmH₂O의 압력에서 공기누출이 일어나는 기관지 삽관 튜브를 사용하기 때문

이며 따라서 이러한 압력의 누출을 보상키 위해 압제한식이 사용되는 것이다.

소아환아의 호흡 간호에서 유의할 점은 인공기도와 호흡기 회로 등의 물리적 성질에 따라 환아의 환기상태에 많은 영향을 미치므로 그러한 특성을 충분히 이해한 상태에서만 호흡기 간호가 이루어져야 한다.

2. 폐환기(Pulmonary Ventilation)

호흡주기 중 폐포 이산화탄소 분압은 주기적으로 다양하게 변화한다.

폐포 이산화탄소 분압은 흡기말에 가장 낮고, 호기말에 가장 높게 나타난다.

동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)은 폐포 이산화탄소 분압의 일시적인 평균값을 나타내며(Riley et al, 1946), 호기말 이산화탄소 분압(ETCO_2)은 호기말의 최고치에 도달한 폐포 이산화탄소 분압으로 혼합정맥혈의 이산화탄소 분압을 반영한다. 대부분의 폐포 이산화탄소 분압은 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)보다 높지 않다. 보통의 경우에는 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)이 호기말 이산화탄소 분압(ETCO_2)보다 약간 높지만 호기말에는 폐포 이산화탄소 분압이 빠르게 증가하여 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)보다 높을 가능성이 있어 가스 교환이 잘 되고 환류가 잘 되는 건강한 폐에서 호기말에 측정하는 이산화탄소 분압(ETCO_2)은 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)보다 높게 나타날 가능성이 있다. 또한 기능적 잔기량이 감소된 경우에는 이러한 폐포 이산화탄소 분압의 호흡에 따른 주기적 변화가 커져 호기말 이산화탄소 분압치(ETCO_2)가 동맥혈 이산화탄소 분압치(PaCO_2)보다 높게 나타날 수도 있다(Fletcher et al, 1981)고 한다.

정상인에서 호기말 이산화탄소 분압(ETCO_2)은 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)보다 3~5 mmHg 정도 낮으며, 이는 정상적으로 존재하는 폐포사강에 기인한다. 즉 가스교환이 이루어지지 않는 폐포사강내 가스가 정상적인 폐포에서 배출되는 이산화탄소를 희석시키기 때문이다(Shoemaker, 1989; Miller, 1990).

전색중에 의한 폐동맥의 폐쇄나 폐포에 과도한 압력을 가하는 요인이 없을 때 동맥혈 이산화탄소와 호기말 이산화탄소의 분압차(P(a-ET)CO_2)는 폐포사강의 크기에 비례하므로(Marino, 1991), 동맥혈 이산화탄소와 호기말 이산화탄소의 분압차(P(a-ET)CO_2)는 사강 정도를 반영한다고 할 수 있다.

일반적으로 전신마취시 동맥혈 이산화탄소 분압치(PaCO_2)와 호기말 이산화탄소 분압치(ETCO_2)치는 평균 4-5mmHg 정도 차이가 나며, 이는 호흡상 환기-관류비, 확산기능, 호기말 이산화탄소 측정기계에 의해 영향을 받는다. 정상적인 건강한 폐에서도 그 차이가 존재하는데 Nunn & Hill(1960)등은 동맥혈 이산화탄소 분압치가 호기말 이산화탄소 분압치 보다 정상적으로 4.5~4.7 mmHg 높은 것으로 보고했다(Whitesell et al, 1981).

폐내 환기관류비, 기능적 잔기용량 등의 많은 변수들이 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)과 호기말 이산화탄소 분압(ETCO_2)차에 영향을 미친다. 호기말 이산화탄소 분압(ETCO_2)에만 의존하여 환자의 폐환기를 평가한다면 인공적 환기에 의한 인위적인 과환기 또는 저환기를 유감할 수도 있게 된다(McMahon et al, 1993).

혼합가스 채취부위에 따라서 호기말 이산화탄소 분압(ETCO_2)이 차이가 나는 주요 요인은 기관지 삼관 튜브에서 먼 곳에 위치할수록 호흡회로내 신선가스가 섞인 희석된 호기말 이산화탄소 분압(ETCO_2)치가 나타나기 때문이다(Badgwell et al, 1987).

Kang et al(1998)은 측정위치에 따른 호기말 이산화탄소 분압치의 차이에 대한 조사연구를 시행하였다. 갑시용 기관내 튜브와 호흡회로를 연결한 상태에서 조절환기를 하는 도중 호흡가스 내 이산화탄소 분압을 측정하기 위해 혼합가스를 기관지 삼관부위 근위에서 원위로 4부위를 선정하여 채취하였다. 동맥혈 이산화탄소 분압치와 부위별 호기말 이산화탄소 분압치 간의 차이는 근위에서 원위부로 갈수록 1.7에서 3.5, 3.4, 4.7 등으로 점차 차이가 커졌는데, 이는 원위로 갈수록 신선한 공기가 섞이기 때문에 호기말 이산화탄소 분압치가 낮아지는 것이다.

일반 정상 성인들의 환기조절상태에서는 이산화탄소 분압치와 호기말 이산화탄소 분압치 간의 차이가 2.4~3.0 mmHg 정도된다. 특히 소아는 일호흡량이 적고, 호흡수가 빠르게 인공호흡을 시행하기 때문에 희석효과에 의한 차이가 더욱 커지고 다양한 호흡조절형태에 따라 그 차이도 많이 변화되는 결과를 나타낸다. 소아들의 경우 동맥혈 이산화탄소치를 수정하고자 할 때에는 더욱 주의해야 한다.

III. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 S 병원의 소아중환자실에 1998년 7월 1일부터 1999년 8월 31일 까지 개심술 후 입원한 소아흉부외과 환자 중 다음의 선정 기준에 부합하는 환자를 임의표출 하였다.

- 1) 체중 3-5.2 Kg 범위 내에서 내경 3.5mm 크기의 기관내관(Endotracheal tube)을 가지고 있는 환자 나 체중 7-10 Kg 범위 내에서 내경 4.5mm 크기의 기관내관을 가지고 있는 환자
- 2) S사 제품인 'S' Ventilator를 이용해 지속적 강제 호흡 방식을 적용한 상태에서 사발 호흡이 없는 환자.
- 3) 단순 흉부 X-선에서 장상 소견을 보이며, 이학적 소견상 폐질환이 없다고 판단된 환자
- 4) 기관내관 끝(Endotracheal tube tip)의 위치가 흉부 X-선상 정상 위치에 있는 환자
- 5) 복잡성 심기형으로 개심술을 받은 환자 중 혈액학 상태가 안정되어있는 환자

연구 대상자는 3.5mm 혹은 4.5mm 크기의 기관내관을 가지고 있는 환자 중 임의표출하여 실험군 17명, 대조군 17명으로 총 34명의 환자를 선정하였다.

2. 연구설계

본 연구는 유사실험설계로 실험군에서는 인공기도 체외용적을 줄이면서 환기상태를 관찰하고, 대조군에서는 인공기도 체외용적을 변화시키지 않은 상태에서의 환기상태를 측정하여 그 효과를 검증하였다. 독립변수는 인공기도의 체외용적이고, 종속변수는 호기말 탄산가스 분압($ETCO_2$), 동맥혈 이산화탄소 분압($PaCO_2$), 산소포화도(SpO_2)의 변화 정도이다.

3. 연구도구

1) S사에서 제작한 환자감시장치(patient monitor) S사에서 제조한 module 형태의 환자 감시장비로 $ETCO_2$ 와 SpO_2 등을 동시에 측정할 수 있는 기계이다.

2) 'G' 응급동맥혈 검사기

H사에서 제조한 응급 동맥혈 검사 장비로 동맥혈의 pH, $PaCO_2$, PaO_2 , HCO_3^- , SO_2 등을 동시에 시행할 수 있는 기계이다

4. 연구방법

선정기준에 맞는 대상자를 임의표출하여 실험군의 자료수집을 하였으며, 실험군의 자료수집을 모두 마친 후 선정기준에 맞는 대상자를 임의표출하여 대조군의 자료수집을 시행하였다.

실험군의 경우 인공기도 체외용적을 체내용적의 80%로 하고 인공호흡기 'ㄱ'자 연결관 용적을 합친 상태를 중재1로, 체내용적의 80%만을 체외용적으로 하는 상태를 중재2로, 체내용적의 50%만을 체외용적으로 하는 상태를 중재3으로 하여 체외용적을 줄여가며 각 중재마다 기도흡인을 시행하고 20분이 경과한 후에 $ETCO_2$, $PaCO_2$, SpO_2 를 각각 측정하였다.

대조군은 인공기도의 체외용적을 체내용적의 80%로 하고 인공호흡기 'ㄱ'자 연결관 용적을 합친 상태를 중재1로 하고, 중재2와 중재3 모두 중재1과 마찬가지로 인공기도의 체외용적을 체내용적의 80%로 하고 인공호흡기 'ㄱ'자 연결관 용적을 합친 상태를 유지하며, 각 중재마다 기도흡인을 시행하고 20분 후에 $ETCO_2$, $PaCO_2$, SpO_2 를 각각 측정하였다.

중재간 간격을 30분으로 한 것은 환자의 혈액학적 상태가 변화하지 않고, 안정제나 진통제의 효과가 지속되는 시간 내에, 그리고 호흡기 설정 상태를 조절하기 전에 자료수집을 마치기 위함이었다.

〈Table 1〉 Design of the study

	Intervention 1	Intervention 2	Intervention 3
Experimental Gr.	80% of internal space of ET + ventilator connector of 'ㄱ' shape (11ml)	80% of internal space of ET	50% of internal space of ET
Control Gr.	80% of internal space of ET + ventilator connector of 'ㄱ' shape(11ml)		
Measure to $ETCO_2$, $PaCO_2$, and SpO_2	.	.	.

〈Table 2〉 Data collection (same experimental gr. to control gr.)

	Intervention 1		Intervention 2		Intervention 3	
Time	0 min	20 min	30 min	50 min	60 min	80 min
Suctioning	↑		↑		↑	
measure to ETCO ₂ , PaCO ₂ , and SPO ₂		↑		↑		↑

5. 연구분석 방법

수집된 자료는 SPSS/PC⁺를 이용하여 대상자 특성 중 일반적 사항은 χ^2 -test로, 두 집단간의 중재 전 동질성 검증은 t-test를 실시하였다.

가설검증을 위한 집단간의 비교는 paired t-test로 검증하였다.

2) 중재 전 두 집단간의 호흡기 셋팅과 환기상태에 대한 동질성 검증

실험군과 대조군의 중재 전 호흡기 셋팅과 환기상태에 대한 t-test를 시행한 결과 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이가 없어 두 집단은 동질군으로 나타났다.

3) 각 중재에 따른 인공기도의 체외용적 및 일회호흡량에 대한 비율 측정

표 5.에서 보느냐와 같이 실험군의 평균 일회 호흡용적은 70.5ml 이었으며, 중재1.의 인공기도 체외용적이 12.2 ml로 일회 호흡용적당 차지하는 비율이 17.3%이었으며, 중재2.의 인공기도의 체외용적은 1 ml로 일회 호흡용적당 차지하는 비율이 1.5%이었고, 중재3.의 인공기도 체외용적은 0.64 ml로 일회 호흡용적당 차지하는 비율이 0.9%이었다. 대조군의 평균 일회 호흡용적은 71.7ml 이었으며, 인공기도 체외용적이 일회 호흡용

IV. 연구 결과

1. 동질성 검증

1) 일반적 특성

일반적 특성인 성별, 기관삽관 튜브 크기 및 질병에 대한 실험군과 대조군의 동질성 검증을 위해 χ^2 -test를 시행한 결과 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이가 없어 두 집단은 동질한 것으로 나타났다.

〈Table 3〉 Test the homogeneity of general characteristics

		Experimental Gr. frequency(percent)	Control Gr. frequency(percent)	χ^2	p
Sex	male	11(64.7)	12(70.6)	.134	.714
	female	6(35.3)	5(29.4)		
ID	3.5mm	11(64.7)	12(70.6)	.134	.714
	4.5mm	6(35.3)	5(29.4)		
Disease	Acyanotic	13(76.5)	11(64.7)	.567	.452
	Cyanotic	4(23.5)	6(35.3)		
Sum		17(100)	17(100)		

〈Table 4〉 Test the homogeneity of the pulmonary status

		Experimental Gr. m(SD)	Control Gr. m(SD)	t	p
mech. ventilator setting	FiO ₂	51.47(12.46)	58.23(20.15)	-1.174	.242
	frequency	29.35(7.31)	30.94(5. 5)	-0.718	.520
	I : E	1(0)	2(0)	.000	1.000
	Tidal Volume	70.53(19.93)	71.71(30.20)	-.134	.100
pul	ETCO ₂	33.59(7.85)	33.29(7.71)	.110	.913
ven-	PaCO ₂	31.18(7.72)	32.29(7.08)	1.922	.064
tilation	SpO ₂	94.65(11.35)	91.41(12.62)	.786	.438
status	ETCO ₂ - PaCO ₂	3.59(5.78)	1.00(7.75)	1.96	.059

(Table 5) The ratio external space of endotracheal tube to tidal volume

Experi- men- tal gr.	External space of Endotracheal tube	Intervention 1	Intervention 2	Intervention 3
		80% of internal space of ET + ventilator connector of '┐' shape (11ml) 1.02 + 11 = 12.2 ml	80% of internal space of ET 1 ml	50% of internal space of ET 0.64 ml
	Ext. space of ET /Tidal volume (71.7)	17.3(%)	1.5%	0.9%
Control gr.	External space of Endotracheal tube	80% of internal space of ET + ventilator connector of '┐' shape (11ml) 1 ml + 11ml = 12ml		
		Ext. space of ET /Tidal volume(71.7) 16.7%		

적의 16.7%를 차지하는 12 ml로 측정되었다.

2. 가설검증

가설검증을 위해 실험군과 대조군에 대한 paired t-test를 시행한 결과는 다음과 같다.

제 1 가설. 인공기도의 체외 용적을 줄이면 호기말 이산화탄소 분압치는 감소할 것이다.

실험군과 대조군 모두 중재1.과 비교한 중재2.와 중재3.에서는 유의한 차이를 보였으나 중재2.와 중재3.의 비교에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험군과 대조군 각각에서는 5% 유의수준에서 유의한 차이가 있었으나, 두 군간에는 같은 결과를 보인 것이므로 제1가설은 기각되었다.

제 2 가설. 인공기도의 체외 용적을 줄이면 동맥혈 이산화탄소 분압치는 감소할 것이다.

실험군에서는 중재1.과 비교한 중재2.와 중재3.에서는 유의한 차이를 보였으나 중재2.와 중재3.의 비교에서는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 대조군에서는 중재1.과 비교한 중재2.와 중재3. 그리고 중재2와 중재3.의 비교 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 결과적으로 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 있어 제2가설은 지지되었다.

제 3 가설. 인공기도의 체외 용적을 줄이면 산소포화도는 증가할 것이다.

실험군과 대조군 모두에서 중재1.과 비교한 중재2.와 중재3. 그리고 중재2와 중재3. 간에 비교에서 유의한 차이를 보이지 않아 5% 유의수준에서 제3가설은 기각

(Table 6) Comparison change of EtCO_2 between two groups

	Experimental Gr.			Control Gr.		
	m(SD)	t	p	m(SD)	t	p
Intervention 1.	33.59(7.85)			33.29(7.71)		
Intervention 2.	29.88(7.57)	5.894	.000*	31.65(7.70)	2.718	.015*
Intervention 3.	29.41(8.19)	5.896	.000*	31.59(7.53)	2.849	.012*
Intervention 2 and 3.		1.095	.290		.133	.896

** 중재1. : 실험군과 대조군 모두 인공기도의 체외용적 = 체내용적의 80% + 호흡기의 '┐' 자 연결관(11ml)

중재2. : 실험군은 인공기도의 체외용적 = 체내용적의 80%, 대조군은 중재1.과 같음.

중재3. : 실험군은 인공기도의 체외용적 = 체내용적의 50%, 대조군은 중재1.과 같음.

(Table 7) Comparison change of PaCO_2 between two groups

	Experimental Gr.			Control Gr.		
	m(SD)	t	p	m(SD)	t	p
Intervention 1.	37.18(7.72)			32.29(7.08)		
Intervention 2.	31.88(6.86)	9.126	.000*	30.59(6.95)	1.740	.101
Intervention 3.	30.71(6.99)	8.179	.000*	32.18(7.10)	.100	.922
Intervention 2 and 3.		2.018	.061		-1.650	.119

〈Table 8〉 Comparison change of SpO₂ between two groups

	Experimental Gr.			Control Gr.		
	m(SD)	t	p	m(SD)	t	p
Intervention 1.	94.65(11.35)			91.41(12.62)		
Intervention 2.	93.82(13.47)	1.237	.234	89.94(14.77)	.866	.399
Intervention 3.	93.82(13.07)	1.496	.154	89.59(15.43)	.934	.364
Intervention 2 and 3.		.000	1.000		.972	.346

〈Table 9〉 Comparison change of difference of E_TCO₂ and PaCO₂ between two groups

	Experimental Gr.			Control Gr.		
	m(SD)	t	p	m(SD)	t	p
Intervention 1.	3.59(5.78)			1.00(7.75)		
Intervention 2.	2.00(4.61)	-2.182	.044*	1.06(7.51)	-0.081	.937
Intervention 3.	1.29(5.07)	-2.386	.030*	0.59(5.97)	1.429	.172
Intervention 2 and 3.		1.167	.260		1.394	.182

되었다.

제 4가설. 인공기도의 체외 용적을 줄이면 호기말 이산화탄소 분압치와 동맥혈 이산화탄소 분압치 간의 차이가 감소할 것이다.

실험군의 경우 중재1.과 비교한 중재2.와 중재3.에서 각각 유의한 차이를 보였으나 중재2.와 중재3. 간의 비교에서는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 대조군에서는 중재1.과 비교한 중재2.와 중재3. 그리고 중재2.와 중재3.의 비교 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 있어 제4가설은 지지되었다.

V. 논 의

소아중환자실에 입실하는 환자들은 대부분이 기관내 삽관 튜브를 통해 인공호흡기를 적용하고 있다. 기관내 삽관과 인공호흡기를 적용한 환자들의 호흡기 간호에서 간과해서는 안되는 부분이 사강의 발생이다. 인공기도의 체외용적으로 인해 발생하는 사강 범위 및 그에 따른 환기 상태 변화를 측정하여 인공호흡기 간호가 요구되는 환자들의 적정 체외용적의 범위에 대한 지침이 필요하다 고 본다. 본 연구에서는 인공적 사강범위와 환기상태 변화에 대한 연구결과를 중심으로 사강 범위를 최소화하는 인공기도의 적정 체외 용적을 논의하고자 한다.

본 연구에서 환기상태의 지표가 되는 호기말 이산화탄소 분압치와 동맥혈 이산화탄소 분압치, 산소포화도 등을 전체 대상자인 심장 수술 후 환자 34명을 대상으

로 측정한 결과 각 지표의 평균치가 모두 정상 범위 안에 속해 있었다. 이는 대상자 선정 기준에서 폐질환이 없는 환자를 대상으로 한 결과이며, 산소포화도치가 평균 91-94% 정도인 것을 정상으로 본 것은 청색형과 비청색형 심장 질환을 가진 모든 환자를 대상으로 하였기 때문이다.

본 연구에서는 인공기도의 체외용적 변화와 무관하게 실험군과 대조군 모두에서 호기말 이산화탄소 분압치가 감소되는 것으로 나타났다. 두 군간에 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 표6.에서 보이듯이 체외용적을 줄였던 실험군에서 대조군에 비해 호기말 이산화탄소 분압치의 감소 정도가 현격하게 나타났다. 대조군에서 체외용적의 변화를 주지 않아도 호기말 이산화탄소 분압치가 감소된 것은 실험을 위해 시행한 30분 간격의 기도흡인 효과에 의한 것으로 보이며, 실험군에서 체외용적을 줄임에 따라 호기말 이산화탄소 분압치의 변화가 현격하게 나타난 것은 30분 간격의 기도흡인 효과와 인공적 사강 용적의 축소 효과가 모두 작용했기 때문인 것으로 사료된다. 또한 실험군의 중재2.는 중재1.에서 호흡기의 'J'자 연결관을 제거한 중재방법으로 호기말 이산화탄소 분압치를 감지하는 위치가 호흡기 쪽으로 더욱 가까워짐으로써 호흡기의 신선공기에 희석된 가스가 감지되어 호기말 이산화탄소 분압치가 감소된다고 하였던 Shoemaker (1989), Miller(1990), Badgwell et al(1987), Kang et al(1998)의 연구결과와 일치한다.

동맥혈 이산화탄소 분압치는 인공기도의 체외용적을 줄여간 경우 현격하게 감소되는 결과를 보였는데, 이는 사강의 범위가 줄어들며 따라 체내 이산화탄소 배출이

잘되어 환기상태가 좋아진 것으로 사료된다.

본 연구결과에서 호기말 이산화탄소 분압치는 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 없었으나, 동맥혈 이산화탄소 분압치는 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 나타났다. 이는 폐내 환기관류비, 기능적 잔기용량 등의 많은 변수들이 동맥혈 이산화탄소 분압(P_aCO_2)과 호기말 이산화탄소 분압(P_TCO_2)에 모두에 영향을 미치기 때문에 호기말 이산화탄소 분압에만 의존하여 환자의 폐환기를 평가하지 않고 동맥혈 이산화탄소 분압치와 함께 평가하여 그 관계를 보아야 한다고 한 McMahon 등 (1993)의 주장을 뒷받침한다.

산소포화도는 인공기도 체외용적의 변화와 무관하게 변화가 없는 것으로 나타났는데, 이는 본 연구 대상자들의 평균 산소포화도가 청색형과 비청색형의 심장질환자를 합한 정상범위 내에 있었으므로 이산화탄소 배출 효과로 산소 포화도를 높이지 못한 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 호흡기계 질환이 없는 환자를 대상으로 연구하였으므로 호기말 이산화탄소 분압치와 동맥혈 이산화탄소 분압치의 차이가 4 mmHg 이하로 나타났으며, 인공기도 체외용적을 줄이면서 그 차이 정도도 현저하게 줄어들었다.

호기말 이산화탄소 분압치와 동맥혈 이산화탄소 분압치 간의 차이가 본 연구에서 4 mmHg 정도로 나타났던 것은 정상적인 건강한 폐에서도 4~5 mmHg 정도의 차이가 존재한다고 한 Nunn & Hill (1960), Whitesell et al (1981)의 연구결과와 일치한다.

호흡기 회로의 'Γ' 자 연결관 용적이 11ml 이었고 중재2의 80% 체외용적의 평균 용량은 1ml이었으며, 중재3의 50% 체외용적의 평균 용량은 0.64ml이었다. 중재1과 중재2, 간의 인공기도 체외용적 차이는 11ml로 일회 호흡량당 차지하는 체외용적 비율 차이가 15.8%이었으며, 중재2와 중재3, 간의 인공기도 체외용적 차이는 0.36ml로 일회 호흡량당 차지하는 체외용적 비율 차이가 0.6%로 나타났다.

이러한 용적의 차이에 따라 환기상태 변화도 현격한 차이를 나타내었다. 호기말 이산화탄소 분압치의 변화가 11ml 이상의 용적 변화를 주었던 중재1과 비교한 중재2와 중재3의 연구결과에서는 유의한 변화가 있었으나, 1ml 이하의 용적 변화를 두었던 중재2와 중재3, 간에는 호기말 이산화탄소 분압치의 변화가 나타나지 않

았다. 동맥혈 이산화탄소 분압치 및 호기말과 동맥혈 이산화탄소 분압치 간의 차이에 대한 변화에서도 11ml 이상의 용적 변화를 주었던 중재1과 비교한 중재2와 중재3의 연구결과에서는 유의한 변화가 있었으나, 1ml 이하의 용적 변화를 두었던 중재2와 중재3, 간에는 이산화탄소 분압치의 변화가 나타나지 않았다.

결론적으로 중재2와 중재3, 간에는 인공적 사강용적 차이가 미미하여 폐환기 상태에 영향을 미치지 않았던 것을 근거로, 일회호흡량이 100ml 이하인 소아 환아에서 기관 삽관 튜브의 체외길이 차이는 폐환기에 영향을 미치지 않으므로 굳이 기관내 삽관 튜브를 사를 필요가 없다. 그러나 인공 호흡기의 'Γ' 자 연결관과 같이 일회 호흡량의 15% 이상의 용적을 차지하는 인공적 사강범위는 폐환기에 영향을 미치므로 이를 고려하여 가능한 인공 호흡기의 'Γ' 자 연결관은 제거되어야 한다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 인공기도의 체외 용적을 줄이면 인공적 사강범위가 줄어들어 폐환기 상태가 호전되는 효과를 검증하여 다음과 같은 결과를 내었다.

1. 인공기도 체외용적이 줄면 체내 이산화탄소가 효과적으로 배출된다.
2. 인공기도 체외용적이 줄면 환기상태가 호전된 것을 나타내는 호기말과 동맥혈 이산화탄소 분압치의 차이가 줄어든다.
3. 인공적 사강 범위가 환아 일회호흡량의 15% 이상이 되면 체내 이산화탄소를 축적시키는 사강 효과가 나타난다.
4. 인공적 사강 범위가 환아 일회호흡량의 1.5% 이하가 되면 사강 효과가 나타나지 않는다.

이상의 연구결과를 기반으로, 다음의 내용을 임상에 적용할 것을 제언한다.

1. 기관내 삽관 후 인공호흡기를 적용한 소아 환아에게는 흡기와 호기가스가 혼합되는 연결관은 가능한 제거한다.
2. 기관내 삽관 후 인공호흡기를 적용한 소아 환아의 기관내 삽관 튜브 용적은 사강 효과가 없으므로 튜브를 자르지 말아야 한다.

본 연구에서 다루지 못한 내용으로 다음을 제언한다.

1. 개심술 후 환아 뿐 아니라, 호흡기계 질환자군을 대상으로 환기상태 호전 효과에 대한 확대연구를 시행한다.
2. 인공기도 체외용적 차이 범위를 세분하여 환기상태를 유지시키는 인공기도 체외용적 범위에 대한 연구를 시행한다.

Reference

- American Society of Anesthesiologists (1991). Standards for basic intraoperative monitoring directory of members. Park Ridge.
- Badgwell, J.M., Mcleod, M.E., Lerman, J., Creighton, R.E. (1987). End-tidal Pco₂ measurements sampled at the distal and proximal ends of the endotracheal tube in infants and children. Anesthesia Analgesics, 66, 959-64.
- Birmingham, P.K., Cheney, F.W., Ward, R.J. (1986). Esophageal Intubation: A review detection technique. Anesthesia Analgesics, 65, 886-9.
- Chang, M.S., Lim, H.J., Cho, H., Kong, M.H., Kim, N.S., Chang, S.H. (1995). End Tidal CO₂ Monitoring with Salter Divided Nasal cannula in Post-extubated Spontaneous Breathing Patients. The journal of the Korean society of anesthesiologists, 27, 925-929.
- Choi, J.H., Hong, S.J., Lee, J.H., Choi, S.C., Moon, S.H., Chung, D.S., Chung W.H. (1987). Correlation between Arterial and End Tidal Carbon Dioxide Pressure during General Anesthesia. The journal of the Korean society of anesthesiologists, 20, 65-69.
- Dripps, R.D., Eckenhoff, J.E., Vandam, L.D. (1993). Introduction to Anesthesia. 8th ed. Philadelphia: Saunders.
- Ehrenwesth, J., Eisenkraft, J.B. (1993). Anesthetical equipment. St. Louis: Mosby-Year book Inc. 242-3.
- Fletcher, R., Jonson, B., Cumming, G., Brew, J. (1981). The concept of dead space with special reference to the single breath test for carbon dioxide. British Journal of Anesthesia, 53, 77-88.
- Fletcher, R. (1987). Arterial to end tidal CO₂ tension differences. Anesthesia, 42, 210-1.
- Fletcher, R. (1988). Invasive and noninvasive measurement of the respiratory deadspace in Anesthetized children with cardiac disease. Anesthesia Analgesics, 57, 442-7.
- Ham, B.M. (1988). The difference between End-tidal and Arterial Pco₂ in anesthetized Patients. The journal of the Korean society of anesthesiologists, 21, 205-208.
- Healy, T.E.J., Cohen, P. (1995). A practice of anesthesia. London: Edward Arnold. 442-61.
- Kang, B.J., Lee, G.W., Lee, S.C. (1998). The difference between Petco₂ values according to the measuring sites. The journal of the Korean society of anesthesiologists, 34, 59-66.
- Kim, S.D. (1995). Pediatric Respiratory Care. Koon Ja publishing inc.
- Lake, C.L. (1994). Clinical monitoring & critical care. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders. 224.
- Lee, T.I., Shin, C.M., Park, J.Y. (1991). Comparison of Arterial Carbon Dioxide Tension and End-Tidal Carbon Dioxide Tension in Infants and Children. The journal of the Korean society of anesthesiologists, 24(3), 490-495.
- Marino, P.L. (1991). The ICU book. Philadelphia: Lea & Febiger. 316-7.
- McMahon, A.J., Baxter, I.N., Kenny, G., O'Dwyre, P.J. (1993). Ventilatory and Blood gas changes during laparoscopic and open cholecystectomy. British Journal of Surgery, 80, 1252-4.
- Miller, R.D. (1990). Anesthesia. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone. 1148.
- Nunn, J.F., Hill, D.W. (1960). Respiratory

- dead space and arterial to end-tidal CO₂ tension difference in Anesthetized man. Journal of Appl Physiology, 15, 383-9.
- Prys Roberts, C., Brown, B.R. (1996). International practice of Anesthesia. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Rich, G.F., Sullivan, M.P., Adams, J.M. (1990). Is distal sampling of end tidal CO₂ necessary in small subjects?. Anesthesiology, 73, 265-8.
- Riley, R.L., Lilienthal, J.L., Proemmel, D.D., Franke, R.E. (1946). On the determination of the physiologically effective pressures of oxygen and carbon dioxide in alveolar air. American Journal of Physiology, 147, 191-8.
- Soveringhaus, J.W., Supfel, M.A., Bradley, A.F. (1957). Alveolar dead space and arterial to end-tidal carbon dioxide difference during hypothermia in dog and man. Journal of Appl Physiology, 10, 349-55.
- Shanker, K.B., Moseley, H., Kumar, Y., Vemula, V. (1986). Arterial to end-tidal carbon dioxide tension difference during caesarean section anaesthesia. Anesthesiology, 41, 698-702.
- Shapiro, B.A., Harrison, R.A. (1985). Clinical Application of Respiratory Care. 4th edition. Chicago: Yearbook medical Publishers. INC. 238-239.
- Shapiro, B.A., Harrison, R.A., Cane, R.D., Templin, R. (1989). Clinical application of blood gases. 4th ed. Chicago: Year Book Medical Publishers. INC. 262-3.
- Shoemaker, W.C., Ayres, S., Grenvik, A., Holbrook, P.R., Thompson, W.L. (1989). Textbook of critical care. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders. 207-8.
- Um, D.J., Lim, H.K., Park, W.K., Yoon, K.B., Choi, R. (1991). Relationship between Arterial and End-tidal Carbon Dioxide Tension during General Anesthesia for Caesarean section. The journal of the Korean society of anesthesiologists, 24, 991-995.
- Whitesell, R., Asiddao, C., Gollman, D., Jablonski, J. (1981). Relation between arterial and peak expired carbon dioxide pressure during anesthesia and factors influencing the difference. Anesthesia Analgesics, 60, 508-11.

- Abstract -

The Effects of Artificial Dead Space on the Pulmonary Ventilation of Intubated Children with Mechanical Ventilation

Yoo, Cheong Suk* · Yun, Sun Hee*
Song, Gei Hee* · Min, Yul Ha*

This study was done to evaluate the effect reducing artificial dead space on intubated children.

Data were collected from July 1st, 1998 to August 31st, 1999. The subjects were selected from a pediatric intensive care unit of 'S' hospital and intubated with 3.5 mm or 4.5 mm endotracheal tube after open heart surgery. They were composed of 34 patients : 17 patients were assigned to the experimental group and the rest of them were placed in the control group.

The artificial airway volume was minimized in the experimental group, and the control group maintained the artificial airway volume. EtCO₂, PaCO₂, SpO₂ were measured as indicators of pulmonary ventilation.

The tools of this study were GEM-Premier® and Space Lab® patient monitors.

* Seoul National University Hospital,
Pediatric Intensive care Unit

The data were analyzed using the SPSS/PC⁺ program. The χ^2 -test was used to find general characteristics. The t-test was used to test the homogeneity of the pulmonary ventilation status and mechanical ventilation setting before intervention between the two groups. Also, the paired t-test was used to examine the hypothesis.

The results can be summerized as :

1. CO₂ can be expelled effectively from the body in case artificial dead space was decreased.
2. As the artificial dead space was reduced, the difference between E_TCO₂ and PaCO₂ was decreased, in other words pulmonary ventilation was improved.
3. If the artificial dead space occupied above 15 percent of tidal volume, the effect of CO₂ was retention revealed in the body.
4. If the artificial dead space occupied below 1.5 percent of tidal volume, there was no dead space effect.

Based on the results, the following is suggested to be applied practically :

1. A kind of the ventilator circuit acting artificial dead space should be removed from the intubated children with mechanical ventilaion.
2. The endotracheal tube should not be cut because extra-body space of the endotracheal tube did not have an effect on the dead space of the intubated children.

Since the researcher could not cover this aspect in the study, they recommend the following.

1. The study should be extended to the other pulmonary disease patients for the effect of improving pulmonary ventilation.
2. Also, further studying with a more narrow interval in the extra-body space of the artificial airway will be able to explain the point of artificial dead space with proper ventilation.

Key words : Open heart surgery, Artificial airway, Dead space, Pulmonary ventilation