성인마취회로를 이용한 소아마취의 임상적 연구

영남대학교 의과대학 마취과학교실

김 홍 대

— Abstract —

The Clinical Study of Two Modified Methods for Pediatric Anesthesia

Heung Dae Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Yeungnam University, Taegu, Korea

During the last decade, nonbreathing systems have been used most extensively for neonate and small children, but these systems can lead to alveolar hyperventilation when it was used manually because these systems have not volumeter to measure the tidal volume of patients.

Therefore, the author devised two modified methods that is able to estimate the tidal volume of patients using the volumeter in the adult circle system for pediatric anesthesia.

One method is modified Jackson Rees system. The Y-piece of the adult circle system was removed and the inspiratory gas tube of the Jackson Rees system was connected to the inspiratory corrugated tube of the adult circle system and the expiratory reservoir tube of the Jackson Rees system was connected to the expiratory corrugated tube of the adult circle system, then was ventilated with reservoir bag of the adult circle system. The other method is modified Y-piece system. The deadspace of Y-piece of the adult circle system was reduced by set up of short cannula in the inspiratory side of the Y-piece, then was ventilated with reservoir bag of the adult circle system.

Using above two modified methods, study was undertaken in 25 cases to determine whether adequate alveolar ventilation could be maintained for pediatric anesthesia.

The ventilation was carried out as the discretionary manual ventilation, and as the estimated tidal volume of patients using the volumeter in the adult circle system, respectively. In the latter method, tidal volume was 8 ml/kg and respiratory rate was 35 breaths/min under 5 kg of body weight, 30 breaths/min weighing 5 kg~10 kg and 20 breaths/min over 10 kg. Total gas flow of these systems was 2.5 times minute volume of patients. Arterial blood gas tension was measured 30 minutes after the induction of anesthesia.

The following results were obtained.

1) In the method of the original Jackson Rees system, when it was ventilated manually and discretionary in 5 cases, PaCO_2 level was 21.0 ± 1.65 mmHg.

2) In the method of the modified Jackson Rees system, when it was ventilated manually and discretionary in 5 cases, PaCO_2 level was 25.1 ± 0.52 mmHg, and was ventilated as estimated tidal volume of patients in 5 cases, PaCO_2 level was 37.6 ± 0.45 mmHg.

3) In the modified Y-piece system, when it was ventilated manually and discretionary in 5 cases, PaCO_2 level was 21.3 ± 1.37 mmHg, and was ventilated as estimated tidal volume in 5 cases, PaCO_2 level was 36.2 ± 1.01 mmHg.

Therefore, it could be assumed that these two modified methods are a good device to maintain an appropriate alveolar ventilation for pediatric anesthesia.

Key Words: Pediatric anesthesia, Jackson Rees system, Adult circle system, Modified circle system

서 론

흡입마취시에는 폐포환기가 충분히 이루어져야 하지만 만약 환기량이 과다하게 되면 폐포의 손상이 초래될 수 있고 저혈량상태에서는 증가된 기도내압에 의하여 저혈압이 심화될 수 있으며 심한 호흡성 알칼리증은 심박출량감소 뿐만 아니라 세포외액의 칼륨이온의 고갈, 뇌척수액의 pH 감소, 혈액내 lactate/pyruvate 비율의 증가, 뇌혈류량의 감소등이 유발될 수 있다¹⁾. 대체로 성인 마취기내에는 압력계나 용적계가 부착되어 있어서 마취시 적절한 범위내의 폐포환기를 유지시킬 수 있으나 소아마취시 가장 많이 사용되고 있는 Jackson Rees system에는 용적계가 부착되어 있지 않기 때문에 마취의사의 임의에 따른 용수조절호흡은 일반적으로 심한 과환기상태가 초래되고 있다.

이에 저자는 소아의 흡입마취시에도 적절한 범위내의 폐포환기를 유지시키기 위하여 기존 성인마취기내에 부착되어 있는 용적계를 소아마취에 이용할 수 있는 방법을 연구하여 보았는데 첫째, Jackson Rees system을 성인마취회로에 연결하므로써 마취기내의 용적계를 이용하는 방법과 둘째, 성인마취회로내의 Y-piece의 흡입부쪽 내부에 짧은 카테타를 설치하므로써 사강이 감소된 Y-piece의 성인마취회로를 소아마취에 사용하는 방법을 고안하여 각 방법으로 소아마취를 시행해 본 결과 모두 적절한 범위내의 폐포환기가 이루어졌으므로 이를 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1) 연구 대상

1988년 6월부터 동년 9월까지 영남의대부속병원 중앙수술실에서 흡입마취하에 수술을 받는 환자중에서 체중이 15 kg 이하이고 미국마취과학회(ASA)분류법의 class 1이나 2에 속하며 호흡기계질환이나 산염기불균형이 없는 유아 및 소아환자 25명을 대상으로 하였다.

2) 연구 방법

마취전 투약은 마취예정시간 45분전에 atropine sulfate 0.02 mg/kg, Ucirax® 1 mg/kg을 근육주사하였다. 마취유지는 모든 예에서 2.5% pentothal sodium

Fig. 1. Schematic representation of the modified Jackson Rees system.

Fig. 2. Schematic representation of the modified Y-piece system.

4 mg/kg과 succinylcholine chloride 1 mg~2 mg/kg을 정맥주사후 기관내삽관하였고, 마취유지는 halothane 0.5%~1.0% 및 O₂와 N₂O를 같은 비율로 하여 총가스유량이 환자의 분당 호흡량의 2.5배가 되도록 하였으며 근육이완제는 마이오부락® 0.1 mg/kg을 정맥주사하였다.

마취시의 조절호흡방법은 다음과 같이 5가지 방법으로 각각 시행하였다.

(1) 통상적인 Jackson Rees system을 이용하여 임의의 용수조절호흡을 시행하였다(5예).

(2) 성인마취회로내의 Y-piece를 제거하고 그 흡기파형도관에 Jackson Rees system의 흡기가스도관을 연결하고, 그 호기파형도관에는 호흡낭을 제거한 Jackson Rees system의 호기에비도관을 연결한 후 (Fig. 1, 3) 성인마취회로내의 호흡낭으로 임의의 용수

Fig. 3. Modified Jackson Rees system. The original Jackson Rees system was connected to the adult circle system.

Fig. 5. Modified Y-piece system. The tip of cannula showing in the Y-piece. The cannula is placed in the inspiratory side of Y-piece.

였으며 얻어진 각각의 치는 평균치±표준오차로 표시하였다.

성 적

1) 성별, 체중, 수술명

이들의 성별은 남자가 16명, 여자가 9명이었고 평균체중은 10.0 ± 1.42 kg (3.75 kg~14.0 kg) 이었으며 수술별로는 안과수술 9명, 서혜부탈장봉합술 6명, 토순 또는 구개파열성형술 5명, 설소대절단술 2명, 기타 3명이었다.

2) 통상적인 Jackson Rees system의 사용시 PaCO_2 치

이 방법에 의한 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO_2 가 21.0 ± 1.65 mmHg로서 심한 폐포과환기상태를 나타내었다(Table 1).

3) Jackson Rees system의 성인마취회로 연결방법의 사용시 PaCO_2 치

이 방법에 의한 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO_2 가 25.1 ± 0.52 mmHg로서 혈중이산화탄소 축적현상은 초래되지 않았으며(Table 2), 1회 환기량을 8 ml/kg, 호흡회수를 체중에 따라 분당 20~35회로 하여 용수조절호흡이나 마취호흡기에 의한 조절호흡시에는 PaCO_2 가 37.6 ± 0.45 mmHg로서 적절한 범위내의 폐포환기상태를 유지하였다(Table 3).

Fig. 4. The structure of modified Y-piece system.

조절호흡을 시행하였다(5예).

(3) 둘째 방법의 구조로 1회 환기량을 8 ml/kg, 호흡회수를 체중 5 kg 이하에서는 35회, 5 kg~10 kg까지는 30회, 10 kg 이상에서는 20회로 하여 2예에서는 호흡낭으로 용수조절호흡을, 3예에서는 마취용호흡기를 이용하여 조절호흡을 시행하였다(5예).

(4) 성인마취회로내의 Y-piece의 흡입부쪽 내부에 짧은 카테타를 설치하므로써 Y-piece내의 사강을 감소시킨후(Fig. 2, 4, 5) 성인마취회로내의 호흡낭으로 임의의 용수조절호흡을 시행하였다(5예).

(5) 넷째 방법의 구조로 셋째 방법과 같이 조절호흡을 시행하였다(5예).

동맥혈중가스분압의 측정은 각 방법으로 마취 30분후 요골동맥 또는 대퇴동맥에서 heparin으로 처리된 주사기로 동맥혈을 채취하여 측정하였고, 동맥혈가스분석기는 Corning사의 pH 178 Blood Gas Analyzer를 이용하

Table 1. Arterial Blood Gas Values during Controlled Ventilation as Discretionary and Manually in Original Jackson Rees System

Case	Wt (kg)	pH	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	HCO ₃ ⁻ (mEq/l)
1	7.0	7.517	15.2	260	15
2	5.5	7.584	19.9	283	19
3	12.5	7.490	22.0	105	17
4	14.0	7.466	22.8	223	17
5	5.7	7.517	24.9	149	20
Mean ± S.E.	8.9 ± 1.79	7.515 ± 0.0197	21.0 ± 1.65	204.0 ± 33.59	17.6 ± 0.87

Table 2. Arterial Blood Gas Values during Controlled Ventilation as Discretionary and Manually in Modified Jackson Rees System

Case	Wt (kg)	pH	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	HCO ₃ ⁻ (mEq/l)
1	13.5	7.518	23.9	244	17
2	9.5	7.441	24.2	237	15
3	12.0	7.476	25.1	286	17
4	13.0	7.526	25.5	163	19
5	6.6	7.474	26.8	288	18
Mean ± S.E.	10.9 ± 4.88	7.487 ± 0.0156	25.1 ± 0.52	243.6 ± 22.70	17.2 ± 0.66

Table 3. Arterial Blood Gas Values during Controlled Ventilation as Estimated Tidal Volume in Modified Jackson Rees System

Case	Wt (kg)	V _T (ml)	R.R. (RPM)	pH	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	HCO ₃ ⁻ (mEq/l)	Mode of Ventilation
1	13.5	110	20	7.385	36.3	250	15	manual
2	3.75	30	35	7.480	38.4	147	20	manual
3	13.0	110	20	7.468	37.1	200	19	Ventilator
4	13.5	110	20	7.426	37.6	121	18	Ventilator
5	9.5	80	30	7.384	38.8	110	17	Ventilator
Mean ± S.E.	10.7 ± 1.88			7.429 ± 0.0198	37.6 ± 0.45	165.6 ± 26.21	17.8 ± 0.86	

4) Y-piece내 카테타설치방법의 사용시 PaCO₂치

이 방법에 의한 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO₂가 21.3±1.37 mmHg로서 혈중 이산화탄소 축적현상은 초

래되지 않았으며 (Table 4), 1회 환기량을 8 ml/kg, 호흡회수를 채중에 따라 분당 20~35회로 하여 용수조절호흡이나 마취호흡기에 의한 조절호흡시에는 PaCO₂가 36.2±1.01 mmHg로서 적절한 범위내의 폐포환기상태를 유지하였다 (Table 5).

Table 4. Arterial Blood Gas Values during Controlled Ventilation as Discretionary and Manually in Modified Y-piece System

Case	Wt (kg)	pH	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	HCO ₃ ⁻ (mEq/l)
1	5.7	7.448	17.1	218	12
2	10.5	7.510	20.0	243	16
3	8.5	7.479	21.0	219	19
4	12.0	7.499	24.1	247	19
5	12.0	7.423	24.5	191	16
Mean ± S.E.	9.7 ± 1.20	7.472 ± 0.0164	21.3 ± 1.37	223.6 ± 10.10	16.4 ± 1.29

Table 5. Arterial Blood Gas Values during Controlled Ventilation as Estimated Tidal Volume in Modified Y-piece System

Case	Wt (kg)	V _T (ml)	R.R. (RPM)	pH	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	HCO ₃ ⁻ (mEq/l)	Mode of Ventilation
1	10.0	80	25	7.506	34.0	278	18	manual
2	5.7	60	30	7.448	39.1	102	18	manual
3	13.0	110	20	7.485	33.9	207	19	ventilator
4	12.0	100	20	7.444	36.5	230	18	ventilator
5	8.5	75	30	7.434	37.6	238	19	ventilator
Mean ± S.E.	9.8 ± 1.30			7.463 ± 0.0137	36.2 ± 1.01	211.0 ± 29.56	18.4 ± 0.24	

고 찰

Rackow²⁾의 “The child is not a little man”이라는 말과 같이 유·소아는 해부학적 및 생리학적으로 성인과 다르므로 소아마취는 성인마취와 다르게 별도로 연구되고 있다.

소아마취방법에는 여러가지가 있다. 초창기에는 개방점적식방법을 이용하여 주로 에텔을 사용하였는데 종종 에텔이 소아의 눈에 들어가서 치유가 곤란한 결막염을 초래하기도 했을 뿐만 아니라 이 방법은 보조 또는 조절 호흡이 불가능 하였다.

왕복식(to and fro) 방법은 조절호흡이 가능하나 Waters absorber로 인하여 기구를 조정하기 힘들뿐만 아니라 삼관한 튜브에 무게가 많이가고 사강이 크며 sodalime 가루가 직접기도내로 들어갈 위험이 있는 단점들이 있다^{3,4)}.

소아마취를 위한 순환식방법은 이러한 단점들이 없어졌으며 그동안 많은 소아용 순환기구가 소개 되었는데 Smith⁴⁾, Adriani 및 Griggs⁵⁾, Bloomquist⁶⁾, Leigh 및 Belton⁷⁾, McDonald⁸⁾등의 것들을 들 수 있다. 이들의 장점으로서는 조절호흡을 시행할 수 있고, 가스가 적게들고, 체온과 습도를 유지할 수 있으며⁹⁾, 사강도 왕복식보다는 감소되었으나 이들은 모두 중량이 크고 또한 일방통행판(unidirectional valve)이 2개나 있어서 호흡저항이 증가한다는 단점이 있다¹⁰⁾. 그러나 Revell¹¹⁾은 적은 터어빈펌프를 부착하여 가스를 계속 흘러가게 하여 사강과 저항을 감소시켰으며 김등¹²⁾은 일방통행판에 의한 저항을 줄이기 위하여 Ohio 소아순환회로에서 2개의 흡기 및 호기판을 재저하고 Holm's valve¹³⁾를 Y-piece에 대치하여 사용하였는데 이 valve는 가볍고, 사강이 적고, 흡기 및 호기저항이 적은 장점이 있다¹⁴⁾.

현재 소아마취시 가장 널리 사용되고 있는 방법은 Jackson Rees system¹⁵⁾이다. 이 system은 Ayre의 T

-piece¹⁶⁾를 변형시킨 비재호흡방법으로서 기구가 간단하고, valve가 없어서 호흡저항이 적고, 조절호흡이 가능한 장점이 있으며 특히 1세 미만의 영·유아 마취에 가장 널리 사용되고 있다^{17,18)}.

그러나 이 system은 많은량의 가스가 소모되며 장시간 마취시에는 체온유지가 제대로 되지 않아 온도 조절에 큰 영향을 주며 또한 건조한 가스로 인하여 기도점막의 섬모운동이 저하되어 점액의 축적을 초래할 수 있으므로 마취후에 호흡기계통의 합병증 및 산혈기 불균형이 초래될 수 있는 단점이 있다^{19,20)}.

또한 이 system에는 용적계나 압력계가 부착되어 있지 않기 때문에 1회 환기량은 순전히 용수조절호흡을 시행하는 마취의사의 임의에 따라 크게 달라진다. 서등²¹⁾의 보고에 의하면 용적계와 압력계가 부착되어 있는 마취기제로 성인환자의 마취시 폐포환기량을 정상범위내로 유지시켜 불리는 의식하의 용수조절호흡에서도 PaCO_2 가 29.9 mmHg 정도의 과환기상태가 유발되었으며, Prys-Roberts²²⁾도 Jackson Rees system을 사용하여 조절호흡시에는 PaCO_2 가 현저히 감소될 수 있으므로 주의해야 한다고 경고하였고 Nunn²³⁾은 PaCO_2 가 20~30 mmHg정도 유지된다고 보고하였는데 본 연구에서도 Jackson Rees system에 의한 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO_2 가 21.0 ± 1.65 mmHg로서 과도한 폐포환기가 유발되고 있었다. 그러나 저자가 고안한 Jackson Rees system의 성인마취회로에 연결사용하는 방법으로 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO_2 가 25.1 ± 0.52 mmHg로서 혈중이산화탄소축적은 없었으며, 회로내의 용적계로 1회 환기량이 체중 kg당 8 ml가 되도록한 조절호흡시에는 PaCO_2 가 37.6 ± 0.45 mmHg로서 매우 적절한 범위내의 폐포환기가 이루어졌다. 따라서 소아마취시 Jackson Rees system을 사용할 때에는 통상적인 임의의 조절호흡 보다는 저자가 고안한 이러한 방법을 이용함으로써 정확한 1회 환기량을 유지시킬 수 있다. 또한 성인마취회로에 단지 압력계만 있는 경우에도 이러한 방법으로 1회 환기량을 유지시킬 수 있는데 김등²⁴⁾은 소아마취시 최고흡기압력을 15 cm H_2O 로 유지하여 조절호흡을 시행했던 바 PaCO_2 가 35.4 mmHg 정도로 유지되었음을 보고하였다.

순환식 방법에서도 총 가스유량을 증가시키면 Jackson Rees system과 같은 원리로 비재호흡이 되는 데²⁵⁾, 저자가 실제로 실험해 본바로도 체중 62 kg의 성

인환자에서 총 가스유량을 분당호흡량의 2.5배인 15 l로 하고 canister의 sodalime을 제거한 후 1회 환기량을 500 ml로 하여 조절호흡시에는 PaCO_2 가 34.8 mmHg 이었고 600 ml로 조절호흡시에는 24.6 mmHg로 감소되었다. 따라서 Jackson Rees system을 성인순환회로에 연결하여 사용해도 총 가스유량을 충분히 증가시키면 이론적으로는 원래의 Jackson Rees system과 같은 것이 되어 재호흡은 유발되지 않는다.

Jackson Rees system의 사용시 높은 가스유량은 호기저항을 증가시키므로 유의해야 한다. 조절호흡시의 이 system의 적절한 가스유량은 Dripps²⁶⁾은 분당호흡량의 2~3배라고 하였으나 대체로 1.5~2배에서도 재호흡은 일어나지 않는다고 한다^{27~32)}. 더구나 Nightingale³³⁾은 가스유량을 220 ml/kg/min으로서 최소 3 l/min을 추천하고 있고, Rose 및 Froese³⁴⁾는 1000+100 ml/kg/min의 2배로, Bain 및 Spoerel³⁵⁾은 체중 10 kg 이하에서 2 l/min을 추천하고 있으며, Miller³⁶⁾도 Bain 및 Spoerel의 추천에 따라 총 가스유량을 분당 2 l, 1회 환기량을 8~10 ml/kg, 호흡수를 연령에 따라 12~16회로 시행하여 만족스러운 결과를 얻고 있다고 하나 Hatch³⁷⁾은 1000+200 ml/kg/min을 권장하며 최소가스유량은 3 l/min을 추천하고 있다. 이들의 주장을 종합해 보면 현재 통상적인 Jackson Rees system 사용시의 총 가스유량인 분당호흡량의 2.5배는 과다한 양인 것 같으며 적절한 양 이상의 높은 가스유량은 오히려 호흡저항을 증가시키므로 주의해야 할 것 같았다. 그러나 본 연구에서는 재호흡의 가능성을 완전히 배제시키기 위하여 총 가스유량을 분당호흡량의 2.5배로 하였다.

최근의 추세로는 소아에서도 성인마취회로로 마취하는 경향이 증가되고 있으며^{38,39)} Miller³⁶⁾도 체중 10 kg 이상에서는 통상 성인마취회로로 마취를 한다고 한다. 일반적으로 성인마취회로를 소아마취시 사용하지 않는 가장 큰 이유는 호흡저항의 증가 및 Y-piece 내의 사강 때문이다. 현재 사용되고 있는 Y-piece는 그 종류에 따라 사강이 15 ml 내지 20 ml로서 이론적으로 체중 15 kg 이하의 소아에서는 사용될 수 없다. 따라서 최근에는 Y-piece의 내부에 칸막이가 있어서 사강이 감소된 Y-piece가 제조되어 소아마취에 이용되나 이러한 Y-piece가 구입되어 있지 않을 때에는 저자가 고안한 것처럼 손쉽게 만들어 쓸 수 있다. 즉 10 ml짜리 플라스틱 주사기(Dong Bang Medical Supplies Corp., Seoul)통

의 손잡이쪽을 2 cm 정도로 절단하고 여기에 Fig. 4, 5와 같이 4.5 cm 길이의 5.0크기 기관튜브가 연결된 connector를 끼운 후 이것이 Y-piece의 흡입구쪽 입구에 꼭 맞을 만큼 반창고를 감는다. 이 경우 Y-piece내의 cannula의 내경이 너무 작으면 마취기계에서 나오는 가스가 cannula를 통과하면서 고속으로 나오기 때문에 환자의 호기시 호기저항이 증가될 수 있는데 이는 Jackson Rees system의 사용시에도 마찬가지이며 또한 cannula가 너무 길어서 기관튜브 connector에 접촉되면 환자의 호기에 장애를 미칠 수 있으므로 유의해야 한다. 본 연구에서 고안된 바와 같은 Y-piece의 cannula는 기관튜브 connector내에 위치될 수 있기 때문에 칸막이가 있는 Y-piece보다 사강이 더욱 적다.

마취회로의 호흡저항은 여러부위에서 발생될 수 있으나 가장 크게 유발되는 곳은 일방통행판이다. 마취기계의 valve 저항은 가스유량이 분당 5 l일 때 Ohio 회사의 성인마취기계의 valve는 2 cm H₂O/l/sec이고 Ohio 소아마취회로의 valve는 3.5 cm H₂O/l/sec⁽⁴⁰⁾로서 canister의 분당가스유량이 40 l일 때의 저항인 0.25~0.8 cm H₂O/l/sec^(41,42)보다 훨씬 커서 마취회로의 저항은 주로 valve에 의한다. valve의 저항은 무게에 비례하고 직경의 제곱에 반비례하기 때문에 ($R=4W/\pi D^2$)⁽⁴²⁾ valve는 가볍고 클수록 저항이 적고 valve가 작으면 저항이 증가되는데, 더구나 호기내의 습기가 valve에 엉켜 물이 생기게 되면 valve의 저항은 더욱 증가되며⁽⁴²⁾, 이러한 현상은 가슴기 사용시 매우 심해질 것이다.

Graff등⁽⁴³⁾은 N₂O와 halothane으로 마취중인 소아에서 Ayre's T-piece system과 성인마취회로를 같은 환자에서 교대로 사용해 보았는데 pH와 PaCO₂에 차이가 없었다고 하며 많은 연구자들도 이에 동조하고 있다⁽⁴⁴⁻⁴⁷⁾. 따라서 소아마취시 성인마취회로의 사용은 호흡 valve에 엉킨 물을 자주 닦아 주고 Y-piece의 사강을 감소시켜서 사용하면 큰 문제가 발생되지 않을 것 같으며 본 연구에서도 저자가 고안한 방법의 Y-piece를 사용한 성인마취회로로 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO₂가 21.3±1.37 mmHg로서 혈중이산화탄소측정은 없었으며, 회로내의 용적계로 1회 환기량이 체중 kg당 8 ml가 되도록 한 조절호흡시에는 PaCO₂가 36.2±1.01 mmHg로서 매우 적절한 범위내의 폐포환기가 이루어졌다.

본 연구에서 사용된 마취호흡기는 Dräger의 Ventilog (Drägerwerk, Lübeck, Germany)인데 이호흡기의 bellow는 밑으로 내려가는 Down type으로 bellow 자체의 무게때문에 호기시 호기저항을 감소시킬 수 있어서 소아마취시에는 매우 유용하다. 대체로 성인용 호흡기의 bellow는 소아마취시에 사용치 않는 것이 원칙인데 이는 양압흡입시 성인용 bellow내의 압축공기량이 소아의 1회 환기량을 초과할 수 있기 때문이며 이때는 폐탄성 (compliance)의 작은 변화에도 폐포환기에 큰 변화를 초래할 수 있다⁽⁴⁸⁾. 대체로 소아마취시에는 공인되지 않은 마취방법은 이론적근거가 충분히 확립되기전에는 사용치 않는 것이 원칙이나, 본 연구에서 사용된 두가지 변형방법은 저자의 연구결과로는 소아마취시 폐포환기량의 유지정도도 기존의 Jackson Rees system과 별 차이가 없었으며 또한 용적계를 이용할 수 있어서 정확한 1회 환기량을 유지시킬 수 있다는 점에서 권장하고 싶은 방법이다.

결 론

소아의 흡입마취시에 흔히 초래될 수 있는 과환기상태를 피하고 적절한 범위내의 폐포환기를 유지시킬 수 있는 방법으로 Jackson Rees system을 성인마취회로에 연결하는 방법과 Y-piece내에 카테타를 설치하여 사강을 줄이는 방법을 고안하여 이를 용적계가 있는 성인마취회로에 각각 연결하고 체중 15 kg 이하의 유아 및 소아환자 25명에게 총 가스유량을 분당호흡량의 2.5배로 하여 사용해 보았던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 통상적인 Jackson Rees system을 사용한 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO₂가 21.0±1.65 mmHg이었다.

2) Jackson Rees system의 성인마취회로연결방법을 사용한 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO₂가 25.1±0.52 mmHg이었고, 1회 환기량을 8 mg/kg으로 한 조절호흡시에는 PaCO₂가 37.6±0.45 mmHg이었다.

3) Y-piece내 카테타 설치방법을 사용한 임의의 용수조절호흡시에는 PaCO₂가 21.3±1.37 mmHg이었고, 1회 환기량을 8 ml/kg으로 한 조절호흡시에는 PaCO₂가 36.2±1.01 mmHg이었다.

이상의 결과로 미루어 보아 소아마취시 Jackson Rees system의 성인마취회로 연결방법이나 Y-piece내

카테타 설치방법을 사용하여 성인마취회로내의 용적제를 이용하면 환자의 1회 환기량을 정확히 유지시킬 수 있고 또한 적절한 범위내의 폐포환기를 유지시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Breivik H, Grenvik A, Millen E, et al: *Normalizing low arterial CO₂ tension during mechanical ventilation*. *Chest* 63:525, 1973
- 2) Rackow H, Salanitre E: *Modern concepts in pediatric anesthesiology*. *Anesthesiology* 30:208, 1969
- 3) Secher O, Nyrop M: *Pediatric anesthesia equipment*. *Anesthesiology* 16:808, 1955
- 4) Smith RM: *Anesthesia for infants and children*. 4th ed, St. Louis, Mosby, 1980, p 130
- 5) Adriani J, Griggs T: *Rebreathing in pediatric anesthesia: Recommendations and descriptions of improvements in apparatus*. *Anesthesiology* 14:337, 1953
- 6) Bloomquist ER: *Pediatric circle absorber*. *Anesthesiology* 18:787, 1957
- 7) Leigh MD, Belton MK: *Pediatric anesthesia*. 2nd ed, Macmillan, New York, 1960
- 8) McDonald, IH: *A circle absorber for infants*. *Brit J Anaesth* 33:58, 1961
- 9) Pelletier F, Jacques A, Chavet M, et al: *Humidity in anesthesiology. 3. Heat and moisture patterns in the respiratory tract during anesthesia with the semiclosed system*. *Canad J Anaesth* 14:287, 1967
- 10) Scurr CF, Feldman SA: *Scientific foundations of anesthesia*. 3rd ed, London, William Heinemann, 1982, p 559
- 11) Revell DG: *Circulator to eliminate mechanical dead space in circle absorption systems*. *Canad J Anaesth* 6: 98, 1959
- 12) 김교상, 장경덕, 서정국 등: 소아마취의 최신순환방법에 대한 임상적 연구. 대한마취과학회지 15:534, 1982
- 13) Holm HH: *A new valve for pediatric anesthesia*. *Acta Anesth Scand* 12:75, 1968
- 14) Holm HH, Secher O: *A new circle system for pediatric anesthesia*. *Acta Anesth Scand* 12:81, 1968
- 15) Rees GJ: *Anesthesia in the newborn*. *Br J Med* 2: 1419, 1950
- 16) Ayre P: *Anesthesia for harelip and cleft palate in babies*. *Br J Surg* 25:131, 1937
- 17) Rashad KF, Wilson K, Hurt HH Jr, et al: *Effect of humidification of anesthetic gases on static compliance*. *Anesth Analg* (Cleve) 46:127, 1967
- 18) Jenkins MT: *Clinical questions related to fluids*. *Int Clin Anesth* 3:212, 1968
- 19) Burton JDK: *Effects of dry anesthetic gases on the respiratory mucous membrane*. *Lancet* 1:235, 1962
- 20) Smith RM: *Anesthesia for infants and children*. 4th ed, St. Louis Mosby, 1980, p 142
- 21) 서정국, 서일숙, 김홍대: 용수조절호흡이 폐포환기정도에 미치는 영향. 영남의대 학술지 1:95, 1984
- 22) Prys-Roberts C, Kelman GR, Greenbaum R, et al: *Hemodynamics and alveolar/arterial PO₂ differences at varying PaCO₂ in anesthetized man*. *J Appl Phys* 25: 80, 1968
- 23) Nunn JF: *Applied respiratory physiology*. 2nd ed, London, Butterworth, 1977, p 354
- 24) 김홍대, 서정국, 서일숙: 소아마취에 이용한 호흡관리용 pressure preset ventilator. 대한마취과학회지 18:215, 1985
- 25) Dripps RD, Eckenhoff JE, Vandam LD: *Introduction to anesthesia*. 7th ed, Philadelphia, WB Saunders, 1988, p 138
- 26) Dripps RD, Eckenhoff JE, Vandam LD: *Introduction to anesthesia*. 7th ed, Philadelphia, WB Saunders, 1988, p 320
- 27) Mapleson WW: *The elimination of rebreathing in various semi-closed anesthetic systems*. *Br J Anaesth* 20:323, 1954
- 28) Woolmer R, Lind B: *Rebreathing with a semi-closed system*. *Br J Anaesth* 26:316, 1954
- 29) Ayre P: *The T-piece technique*. *Br J Anaesth* 28:520, 1956
- 30) Brooks W, Stuart D, Gabel P: *The T-piece in anesthesia; an examination of its fundamental principle*. *Anesth Analg* (Cleve) 37:191, 1958
- 31) Rees GJ: *Pediatric anesthesia*. *Br J Anaesth* 32:132, 1960
- 32) Willis BA, Pender JW, Mapleson WW: *Rebreathing in a T-piece; volunteer and theoretical studies of the Jackson-Rees modification of the Ayre's T-piece during spontaneous respiration*. *Br J Anaesth* 47:1239, 1975
- 33) Nightingale DA, Richard CR, Glass A: *An evaluation of rebreathing in a modified T-piece system during controlled ventilation of anesthetized children*. *Br J Anaesth* 37:762, 1965
- 34) Rose DK, Froese AB: *The regulation of PaCO₂ during controlled ventilation of children with a T-piece*. *Canad J Anaesth* 26:104, 1979

- 35) Bain JA, Spoerel WE: *A streamlined anesthetic system*. *Canad J Anaesth* 19:426, 1972
- 36) Miller RD: *Anesthesia*. 2nd ed, New York, Churchill Livingstone, 1986, p 1773
- 37) Hatch DJ, Yates AP, Lindahl SGE: *Flow requirements and rebreathing during mechanically controlled ventilation in a T-piece (Mapleson) system*. *Br J Anaesth* 59:1533, 1987
- 38) Smith RM: *Anesthesia for infants and children*. 4th ed, St. Louis, Mosby, 1980, p 133
- 39) Gregory GA: *Pediatric anesthesia*. New York, Churchill Livingstone, 1984, p 367
- 40) Nunn JF, Ezi-Ashi TI: *The respiratory effects of resistance to breathing in anesthetized man*. *Anesthesiology* 22:174, 1961
- 41) Robson JG, Pask EA: *Some data on the performance of Waters canister*. *Br J Anaesth* 36:333, 1954
- 42) Hunt KHL: *Resistance in respiratory valves and canisters*. *Anesthesiology* 16:190, 1955
- 43) Graff TD, Holzman RS, Benson DW: *Acid-base balance in infants during halothane anesthesia with the use of an adult circle absorption system*. *Anesth Analg (Cleve)* 43:583, 1964
- 44) Freeman A, St. Pierre M, Bachman L: *Comparison of spontaneous and controlled breathing during cyclopropane anesthesia in infants*. *Anesthesiology* 25:597, 1964
- 45) Reynolds TN: *Acid-base equilibrium during C₃H₈ anesthesia and surgery in infants*. *Anesthesiology* 27:127, 1966
- 46) Van Steeg J, Stevens WC: *A comparison of respiratory effect of infants anesthetized with several adult and pediatric systems*. *Anesthesiology* 27:229, 1966
- 47) Podlesch I, Dudziak R, Zinganell K: *Inspiratory and expiratory CO₂ concentration during halothane anesthesia in infants*. *Anesthesiology* 27:823, 1966
- 48) Miller RD: *Anesthesia*. 2nd ed, New York, Churchill Livingstone, 1986, p 148
-