선천성 심질환 환자에서 Chloral Hydrate 마취 전처치가 진정정도 및 동맥혈 산소 포화도에 미치는 영향

울산대학교 의과대학 마취과학고실

조 명 원 · 김 재 완

= Abstract =

Effect of Chloral Hydrate on Sedation and Arterial Oxygen Saturation in Children with Congenital Heart Disease

Myung Won Cho, M.D. and Jae Wan Kim, M.D.

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

Background: To study the effect of chloral hydrate oral premedication on sedation and arterial oxygen saturation in noncyanotic and cyanotic congenital heart disease children.

Methods: 18 noncyanotic congenital heart disease patients and 18 cyanotic congenital heart disease patients scheduled for cardiac surgery were premedicated orally with chloral hydrate 50 mg/kg. Arterial oxygen saturations were measured with pulse oximeter before and after oral premedication and sedation effects evaluated.

Results: In noncyanotic group oxygen saturation decreased from $98.7 \pm 0.95\%$ (mean $\pm$ SD) before premedication to $97.8 \pm 1.15\%$ after premedication with statistical significance but without meaning. 16 of the 18 patients (89%) were adequately sedated without airway obstructions. In cyanotic group oxygen saturation increased with statistical insignificance from $73.5 \pm 10.9\%$ before premedication to $74.0 \pm 13.9\%$ after premedication. 15 of the 18 patients (83%) were adequately sedated. Effects on oxygen saturation in cyanotic group patients were quite variable with 3 of the patients revealing more than 10% decrease in oxygen saturation.

Conclusions: Chloral hydrate has a good sedative effects on congenital heart disease children but its effects on oxygen saturation were variable and close monitoring followed by oxygen administration is recommended in cyanotic heart patients. (Korean J Anesthesiol 1996; 31: 713~719)

Key Words: Heart: congenital defect. Hypnotics: chloral hydrate. Oxygen: saturation. Premedication.

서 론

대부분의 소아환자들은 수술을 받기 위해 수술실로 입실하면서, 보호자로 부터의 격리, 낯설은 환경에의 노출에 의한 공포심을 느끼게 되고 이를 없애

기 위해 약물에 의한 전처치의 필요성이 성인보다 더욱 요구된다. 선천성 심장질환의 환아들은 수술실에서의 울음이나 과다운동으로 기존의 저산소증이 더욱 악화될 우려가 있으므로 충분한 전처치가 필요하다¹⁾. 적절히 전처치 됨으로써 전신 산소 소모가 감소 되고 마취유도가 원활하다는 장점이 있는 반면, 기도반사를 둔화시키고 저호흡, 기도폐쇄를 유발하여 저산소증이 심해질 수도 있다²⁾. 그러

므로 이런 균형을 맞추기 위해 선천성 심장질환의 환자에서의 경우 마취 전처치시 약제와 용량의 적절한 선택이 요구된다.

DeBock등은 선천성 심장질환 환자들에서 morphine, scopolamine, secobarbital을 마취 전처치로 근무하고 동맥혈 산소 포화도에 미치는 영향을 평가하여 청색증 환자들에서 변화가 심하다는 결과를 얻고 산소 투여와 지속적인 감시의 필요성을 지적하였다³⁾.

Chloral hydrate는 최면진정제로 소아에서 특히 진단목적의 조작시에 흔히 사용하는 약물로써 이의 진정제로서의 효용성 및 적은 부작용이 보고된 바 있고^{4~6)}, 또한 경구 투여가 가능하다는 잇점으로 선천성 심장질환 환자에서의 마취 전처치약제로 적절하다고 사료되어 이 약물의 진정효과 및 동맥혈 산소포화도에 미치는 영향을 청색증 및 비청색증에서 비교 분석하였다.

대상 및 방법

서울중앙병원 흉부외과에서 정례수술을 받는 4개월에서 6세사이의 선천성 심장질환을 동반한 미국 마취과학회 전신상태 분류 Class 2~3 사이의 환자 36명을 대상으로 하였다. 환아들은 체중이 5 kg 이상이었으며 수술실 도착하기 전 적절한 시각에 약제 투여가 가능하였으며 병력상의 비청색증 18명, 청색증 18명으로 분류하여 비교 고찰하였다.

수술 전 방문하여 환자의 부모에게 실험 방법 및 목적에 대하여 충분한 설명을 하였고 이에 동의를 얻은 뒤, 실내 공기에서 환자가 울지 않고 조용할 때 또는 수면상태에서 동맥혈 산소포화도를 맥박산소계측기를 사용하여 비침습적으로 측정하였다. 이때 사용한 맥박산소계측기는 Nellcor Pulse Oximeter (model N-200, Hayward CA, USA)였다. Probe는 가능한 한 우측 엄지손가락에 부착하였으며 계측기상의 맥박이 규칙적으로 추적되며 심박수 및 산소포화도가 안정적으로 나타날 때의 수치를 선택하여 기준으로 삼았다.

마취 전투약은 chloral hydrate syrup(Pocral[®], 한림 제약)을 50 mg/kg의 용량으로 수술 시각 45분 전에 환아가 잠을 자지않고 깨어있는 상태에서 경구 투여하도록 지시하였다.

Table 1. Demographic Data

Group	No.	Age(month)	Weight(kg)
Noncyanotic	18	16.7 ± 4.8	9.5 ± 3.5
Cyanotic	18	16.8 ± 4.2	9.5 ± 3.4

Mean ± SD (P<0.05)

환자가 수술실로 옮겨져서 수술대 위에 눕게되면 수련된 전공의 한사람에 의해 진정정도와 상기도 개존의 정도를 다음과 같은 등급으로 나누어 측정하였다.

진정정도; (1): 울고 보채거나 과다운동을 보인다. (2): 깨어있으나 유순하다. (3): 졸리워한다. (4): 수면 상태이나 깨워진다. (5): 자극을 주어도 깨지 않는다. 상기도 개존도; (1): 정상. (2): 코를 곤다. (3): 기도를 유지하여 주어야 할 정도의 기도폐쇄를 보인다. 동맥혈 산소포화도는 기준치를 측정했던 동일한 맥박산소계측기와 방법으로 측정하였다.

연구 결과의 통계적 검증은 마취 전투약 전과 후의 동맥혈 산소포화도는 paired t-test로 하였으며 p 값이 0.05미만을 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

두 군에서의 연령과 체중은 차이가 없었다(Table 1). 마취 전처치 후 수술실에 도착하여 평가를 받을 때까지의 시간 간격은 비청색증에서 54분, 청색증에서 49분이었다.

비청색증에서 동맥혈 산소포화도는 전처치 전의 기준치가 98.7 ± 0.95% (mean ± SD)였고 마취 전투약 후에는 97.8 ± 1.15%로써 이 감소는 통계적인 의의는 있으나(p=0.05) 임상적 의의는 없었다. 진정정도에서는 18명의 환자중 16명(89%)에서 진정등급(2) 이상으로 진정되었으며 2명의 환자에선 진정등급 (1)등급으로 진정제로서의 효과를 얻을 수 없었다. 상기도의 개존도는 전례에서 (1)등급으로서 진정정도와 관계 없이 기도폐쇄의 문제는 없었다(Table 2).

청색증에서 동맥혈 산소포화도는 전처치 전의 기준치인 73.5 ± 10.9%에서 마취 전처치 후 74.0 ± 13.9%로 변화가 없었다. 진정정도에서는 18명 중 15명(83%)

Table 2. Saturation and Sedation Data in Noncyanotic Group

Clinical diagnosis	Baseline SaO ₂ (100%)	Sedation score	Time from premedication to Op room Arrival(min)	SaO ₂ at Op room(%)
VSD	100	4	25	98
VSD	100	4	70	98
VSD	99	1	60	97
VSD	99	2	40	97
VSD	97	4	40	97
VSD	99	2	75	97
VSD	98	2	105	99
PDA	99	5	40	100
PDA	99	4	35	99
PDA	100	5	65	100
PDA	100	5	50	98
PDA	97	5	50	98
ASD	98	5	35	96
ASD	98	5	40	98
ASD	99	4	50	97
VSD with PFO	98	4	100	96
VSD with PFO	98	2	35	98
pink TOF	99	1	50	98

Abbreviations ; VSD, ventricular septal defect; PDA, patent ductus arteriosus; ASD, atrial septal defect; PFO, patent foramen ovale; TOF, tetralogy of Fallot.

이 진정등급(2) 이상으로 진정되었으며 3명에서는 진정효과가 없었다. 상기도 개존상 (2)등급으로 코를 골은 한 명을 제외하고는 기도폐쇄를 보인 환자는 없었다. 산소포화도의 평균치는 변화가 없었으나 18명 중 11명이 증가를 보였고 7명에선 감소되었다. 특히 3명에서는 91%에서 74%, 78%에서 67%, 68%에서 36%로 현저히 감소하여 산소포화도 측정 후 안면 마스크를 통해 산소를 투여한 후 마취유도를 시작 하였다.

고 찰

마취 전처치 약물들은 환자의 불안감 해소, 진정, 진통, 기억 상실, 분비물의 감소 등의 목적으로 사용된다. 소아환자의 경우는 보호자로부터의 격리로 인한 불안감이 매우 커서 울고 보채거나 과다한 운동 등의 격한 반응을 보이는 경우가 흔하므로 6개월 이상의 소아환자에서는 진정작용을 갖는 약물의 전투약이 요구된다¹⁾.

선천성 심장질환의 소아에서의 심한 울음이나 과다한 운동은 산소 소모량의 증가를 초래함과 동시에 폐혈관저항의 증가에 의한 좌측 폐로의 선트를 증가시켜 기존의 저산소증을 악화시키거나 선트의 역전으로 비청색증 선천성 심장질환에서도 청색증을 초래할 수 있다. 또한 심실에서 나가는 혈류의 차단이 있는 경우는 혈로의 경련에 의하여 청색증이 심하여지거나 심박출량의 저하를 초래할 수 있다. 이런 소아환자를 대하여 마취의는 적절한 기본적인 마취감시도 시행하지 않은 상황에서 성급히 마취유도를 시작하게 되고, 급속히 투여된 마취유도제에 의해 상기도의 폐쇄를 초래할 수도 있으며 이런 경우 과도한 양압호흡을 하게 되며 이로 인해서 폐혈관저항의 증가로인한 좌측으로의 선트 증가로 청색증이 더욱 심해지는 경우를 경험하게 된다. 그러므로 선천성 심장질환, 특히 청색증 심장질환 소아에서는 충분한 진정제를 투여할 필요가 있다고 한다⁷⁾.

Table 3. Saturation, Sedation, Change of SaO₂ Data in Cyanotic Group

Clinical diagnosis	Baseline SaO ₂ (%)	Sedation Score	Time from Premedication to OP room Arrival(min)	SaO ₂ at OP room(%)	% Change in SaO ₂
TOF	65	1	35	63	-3
TOF	53	1	25	66	+24
TOF	63	5	40	65	+3
TOF	86	5	50	92	+7
TOF	91	4	35	74	-19
TOF	72	4	40	70	-3
TOF	81	2	10	76	-6
DORV	70	1	50	72	+3
DORV	80	5	45	82	+2.5
PA with intact ventricular septum,s/p BAS	68	2	60	73	+7
PA with intact ventricular septum,s/p BAS	68	2	85	76	+12
TOF, s/p total correction, residual VSD	92	4	85	99	+8
PA with VSD,major aortopulmonary collateral arteries	78	2	90	78	0
TA with VSD,s/p Pa banding	75	5	45	88	+17
TA with AV septal defect, s/p Pa banding	68	4	40	36	-47
TA with AV septal defect, pulmonary stenosis, s/p Pa banding, BCS	80	4	30	89	+11
TGA with left ventricular obstruction	78	2	75	67	-16
TGA with PA, s/p central shunt, shunt obstruction	55	5	45	66	+20

Abbreviation ; TOF, tetralogy of Fallot ; DORV, double outlet right ventricle ; PA, pulmonary atresia ; s/p, status post ; BAS, balloon atrial septostomy ; VSD, ventricular septal defect ; TA, tricuspid atresia ; Pa, pulmonary artery ; AV, atrioventricular ; BCS, bidirectional cavopulmonary shunt ; TGA, transposition of great arteries.

그러나 이들 선천성 심장질환 환자들에게 진정을 위한 전처치를 시행한 후, 이 약제의 호흡중추에 대한 효과로서 저환기를 유발하여 동맥혈 산소포화도를 감소시키고 폐혈관 저항을 증가시켜서 좌측으로의 선트를 증가시키거나 선트를 역전시킬 수도 있다. 심한 경우는 상기도의 폐쇄 및 기도내 위내용물 흡인을 일으킬 수 있으므로 상대적인 다량투여시 치명적인 결과를 초래할 수 있다³⁾. 또한 청색증 선천성 심장질환 환자에서는 저산소증시에 이를 보상하기 위해 호흡량을 증가시키는 반응이 둔화되어 있기 때문에 전처치에 의한 저산소증의 악화는 피해야 한다⁸⁾.

마취 전처치제를 투약함에 있어서 특히 소아에서 고려할 점은 침습적 방법은 환자에게 자극을 줄 수 있으므로 비침습적 방법이어야 한다는 것이다^{9~11)}. Stow 등은 청색증 선천성 심장질환 소아들에서 근육 주사로 전처치 약물을 투여한 후 일시적인 산소 포화도의 감소를 관찰하고 경구나 직장으로의 투여방법을 권고하였다⁹⁾.

본 실험에서는 마취 전처치약물로 chloral hydrate syrup을 경구로 투여하여 선천성 심장질환 소아환자들을 청색군과 비청색군으로 구분하여 이 약물이 진정정도, 동맥혈 산소포화도에 미치는 영향을 알아보았다. 이와 같은 조건에서 시행한 DeBock 등의 연구가 있으나 이들은 morphine, scopolamine, secobarbital을 군주하였다³⁾.

심장질환 환자에서의 마취 전처치제로서 경구투여가 가능한 약물들로는 diazepam, midazolam, ketamine, pentobarbital 등¹⁷⁾이 있으나 소아에게 먹이기 쉽게 시럽으로 제조된 제품으로 본 병원에서 사용 가능한 것은 chloral hydrate가 유일한 약이고¹²⁾ 이 약의 효과와 안정성은 입증된 바이다^{4~6)}.

Chloral hydrate는 최면제로서 불면증의 치료약제로 개발이 되었으나 진정제로서 수술 전에 투여하여 불안감을 줄이고 진정 또는 수면작용을 기대하며 사용된다. 또한 마약이나 여타 진통제와 병용하여 수술 후 통증 완화에도 사용된다¹³⁾. 부작용으로는 위장관계를 자극하여 구토를 유발할 수 있고, 고용량에서는 순환계 및 호흡계의 억제현상을 유발할 수 있으나 본 연구에서는 별다른 부작용이 나타나지 않았다. 사용량은 소아에서 진정제로서의 경구투여 용량은 8.3 mg/kg이나 최면 용량으로는 50

mg/kg가 추천되며¹³⁾, 김등은 마취 전투약제로서 30 mg/kg이상의 용량을 권하였다⁴⁾. Lipshitz 등은 소아에서 심초음파 검사시 87 mg/kg의 용량을 사용하여 25분만에 94%에서 깊은 진정상태(deep sedation)를 유발하였고⁵⁾ Rumm 등은 58 mg/kg을 투여하여 86%에서 만족할 만한 진정도를 얻었다⁶⁾. 본 연구에서는 예비 실험을 통하여 50 mg/kg의 용량으로 정하였다.

Chloral hydrate는 경구 투여시 30분에서 1시간 사이에 수면을 유발하고 그 효과는 4~8시간 지속된다고 한다¹³⁾. 본 연구에서는 수술시각 45분 전에 투여되도록 지시하였으나 각 군에서 53.6분, 49.2분 전에 투여된 바 약효의 발현에는 적절한 시간이라고 여겨진다.

마취 전처치 약물의 진정효과를 알기 위해 진정 정도와 상기도 개존도를 점수로 평가하였다. 미국 소아과학회에서는 소아에서 진단, 치료적인 조작시의 진정정도를 conscious sedation과 deep sedation으로 분류하였는데¹⁴⁾ 자극하여서 깨울 수 있는 진정정도(4)가 전자에 해당하고, 깨워지지 않는(5)의 진정정도는 후자에 해당된다.

비청색군에서는 18명 중 16명이 울고 보채거나 과다한 운동을 보이지 않았다. 이 중 6명은 자극에 의하여도 깨지 않을 정도의 깊은 수면상태였으나 상기도 개존도상의 문제는 없었다. 2명의 환자는 전처치의 효과가 없이 울고 보채었다. 청색군에서는 18명 중 15명이 울고 보채거나 과다한 운동을 보이지 않았고, 이 중 5명은 깊은 수면상태였다. 이들 5명 중 1명만이 상기도 개존도(2)의 코를 고는 상태였다. 그러나 기도 폐쇄의 증후는 없었다. 3명에서는 진정정도(1)로서 전혀 진정효과가 없었다. 양군을 통해 진정정도(4) 이상의 수면 상태를 기준으로 하면 61%의 환자에서 충분한 진정효과를 보였다고 할 수 있고 반면 14%에서는 전혀 진정효과가 없었다. 후자의 경우는 이 약의 충분한 용량이 투여되지 못하였거나 수면단계 전의 흥분기의 단계에 있거나⁵⁾, 신경계에 미치는 부작용¹³⁾에 의한 것으로 여겨진다. Chloral hydrate의 진정, 최면효과는 Lipshitz가 보고한 대로 환자의 동맥혈 산소포화도와는 무관하였다⁵⁾.

마취 전처치약물의 심폐혈관에 미치는 영향을 평가하는 방법으로 맥박산소계측기를 이용한 동맥혈 산소포화도를 측정 비교하였는데 맥박산소계측기는 이제는 마취과 영역에서 기본적인 측정항목이고 비

침습적이라는 장점이 있다¹⁵⁻¹⁷⁾. 맥박산소계측은 선천성 심장질환의 환자에서 혈액색소의 산소포화도가 80% 이하로 낮으면 부정확할 수 있다고 하지만 동일환자에서의 변화의 추이를 파악하는데는 도움이 된다고 하였으며¹⁸⁾ Boxer 등은 청색증 선천성 심장질환 환아들에서 산소포화도 35%에서 95%까지의 범위에서 혈액채취에 의한 동맥혈 산소포화도와 일치한다고 하였다¹⁶⁾.

비청색군에서의 산소포화도는 $98.7 \pm 0.95\%$ 에서 $97.8 \pm 1.15\%$ 로 감소하였지만 기계 자체의 측정 정확도가 $\pm 2\%$ 가 되므로¹⁹⁾이 변화는 전혀 의미가 없다고 간주할 수 있다. 병력지의 기록상 또는 진단명으로 판단하여 비청색군으로 분류된 모든 예에서 마취 전처치 전, 후의 산소포화도는 96% 이상으로 측정되었다. 진정정도 (1)의 두명의 환자에서도 97% 이상의 산소포화도를 나타내었다. 이들은 각기 심실중격결손과 활로써 4중후군으로 울음과 긴장으로 인하여 섰트의 역전을 유발할 수도 있는 해부학적 구조를 가진 환아들이었다.

청색군에서는 산소포화도가 $73.5 \pm 10.9\%$ 에서 $74.0 \pm 13.9\%$ 로 차이가 없지만 예상할 수 없는 변화를 보인다. 18명의 환자들 중 44%인 8명에서는 10% 이상의 산소포화도의 변화를 보였다. 10% 이상의 감소를 보인 환자는 3명으로 이 중 한 명은 68%에서 36%로 47%나 감소하였다. 진정정도가 (4) 이상인 10명의 환아들 중 7명에서 산소포화도가 증가하였고 3명에서는 감소하였으며 47%의 감소를 보인 환자는 진정정도가 (4)로서 진정정도와 산소포화도와는 관련성이 없었다. 활로써 4중후군의 동일한 진단명에서도 산소포화도가 3명에서는 증가하고 3명에서 감소하는 등의 다양성을 보였다. 그러므로 산소포화도를 예측할 수가 없다면 예방적으로 모든 환자에서 맥박산소계측기들을 이용한 지속적인 감시 및 산소투여가 필요할 것이다¹⁴⁾.

본 연구는 같은 대상환자들로 실시한 morphine, scopolamine, secobarbital들의 마취 전처치 근주에 의한 결과와 산소포화도가 유사한 결과를 얻음으로써 이들 약제들과 chloral hydrate는 선천성 심장환자에서 거의 동일한 효과를 나타낸다고 볼 수 있다³⁾. 청색군의 환아들에게 각기 다양한 산소포화도를 보이는 이유는 DeBock 등이 제시한 바 이들 질환군에서의 다양한 해부적, 생리적인 차이, 약물 및 환경

에 대한 반응성 및 혈액량의 차이 등에 기인할 것이다³⁾.

본 연구는 대상수가 많지 않았고 질환의 병태생리에 따른 세밀한 분류도 실시하지 않았으므로 향후 마취 전처치제에 의한 산소포화도에 대한 영향에 관한 보다 많은 대상을 통한 연구가 이루어져야 할 것이다.

결론적으로 chloral hydrate를 50 mg/kg의 용량으로 선천성 심장질환의 소아환자들에 경구 투여하여 진정, 최면제로서 만족할 만한 효과를 얻었으며 비청색증 선천성 심장질환에서는 동맥혈 산소포화도의 차이가 없었다. 그러나 청색증의 선천성 심장질환의 경우 예측할 수 없는 변화를 보이므로 마취 전처치 후 지속적인 맥박산소계측을 비롯한 감시가 요구되며 상례적으로 산소를 투여하는 것이 바람직하며, 만약 산소를 줄 수 있는 여건과 지속적 감시가 이루어질 수 있는 상황이 아니라면 마취 전처치를 하지 않는 것이 보다 안전하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Estafanous FG, Barash PG, Reves JG: Cardiac Anesthesia, principles and clinical practice. Philadelphia, J. B. Lippincott Company. 1994, p 465.
2. Hensley FA: Premedication for children with congenital heart disease -beneficial or harmful. J Cardiothorac Anesth 1990; 4: 423-4.
3. DeBock TL, Davis PJ, Tome J, Petrille R, Siewers RD, Motoyama EK: Effect of premedication on arterial oxygen saturation in children with congenital heart disease. J Cardiothorac Anesth 1990; 4: 425-9.
4. 김성덕, 도상환, 임승운: 소아에서 경구 마취 전투약으로 Chloral Hydrate (Pocral) 의 효과. 대한마취과학회지 1991; 24: 600-4.
5. Lipshitz M, Marino BL, Sanders ST: Chloral hydrate side effects in young children: causes and management. Heart Lung 1993; 22: 408-14.
6. Rumm PD, Takao RT, Fox DJ, Atkinson SW: Efficacy of sedation of children with chloral hydrate. South Med J 1990; 83: 1040-3.
7. Kambaum J: Cardiac anesthesia for infants and children. St. Louis, Mosby. 1994, pp 127-8.
8. Edelman NH, Lahiri S, Braudo L, Cherniack NS, Fishman AP: The blunted ventilatory response to hypoxia in congenital heart disease. N Eng J Med 1970; 282: 405-11.

9. Stow PJ, Burrows FA, Lerman J, Roy WL: Arterial oxygen saturation following premedication in children with cyanotic congenital heart disease. *Can J Anaesth* 1988; 35: 63-6.
 10. Sigurdsson GH, Lindahl S, Norden N: Influence of premedication on the sympathetic and endocrine responses and cardiac arrhythmias during halothane anesthesia in children undergoing adenoidectomy. *Br J Anaesth* 1983; 55: 961-8.
 11. 김성덕, 양혜경, 이국현, 김종덕: 소아에서 경구 마취 전 처치의 효과. *대한마취과학회지* 1987; 20: 728-32.
 12. Formulary of Asan Medical Center. 4th ed. Seoul . 1995, pp 88-9.
 13. American Hospital Formulary Service (AHFS) 94 Drug information: pp 1519-20.
 14. Guidelines for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures. *Pediatrics* 1992; 89: 1110-5.
 15. Eichorn JH, Cooper JB, Cullen BF: Standard for patient monitoring during anesthesia at Harvard Medical School. *JAMA* 1986; 256: 1017-20.
 16. Boxer RA, Gottesfeld I, Singh S, Lacorte MA, Parnell VA, Walker P: Noninvasive pulse oximetry in children with cyanotic congenital heart disease. *Crit Care Med* 1987; 15: 1062-4.
 17. Noninvasive blood gas monitoring: a review for use in the adult critical care unit. *Can Med Assoc J* 1992; 146(5): 703-12.
 18. Ridley SA: A comparison of two pulse oximeters: Assessment of accuracy at low arterial saturation in pediatric surgical patients. *Anesthesia* 1988; 43: 136-40.
 19. Nellcor N 100 Technical Manual. Nellcor Corporation, Hayward, CA.
-