全身麻酔誘導時 酸素 前投與의 效果

慶北大學校 醫科大學 麻酔科學敎室

蔡 鏞 旭 · 金 台 煥 · 朴 辰 雄

= Abstract =

Effects of Preoxygenation During Induction of General Anesthesia

Yong Uk Chae, M.D., Tae Han Kim, M.D. and Jin Woong Park, M.D.

Department of Anesthesiology, Kyungpook National University Hospital, Taegu, Korea

After the establis banent for the necessity of denitrogenation in rebreathing anesthesia circuits some decades ago, many techniques were recommended for venilation with oxygen before induction of anesthesia for the purpose of maintaining arterial oxygenation during laryngoscopy and tracheal intubation.

For this point of view, we compared PaO_2 , MAP, PaCO_2 , pH of non-preoxygenation group (oxygen was given after succinylcholine was injected) with those of preoxygenation group (oxygen was given after thiopental sodium was injected). The cases were selected randomly ASA class I or II (without cardiopulmonary abnormalities) and ages between 27 years and 66 years old. Before induction of general anesthesia, we cannulated the radial artery after Allen's test and sampled arterial blood before anesthesia, after thiopental and succinylcholine were injected respectively, and when tracheal intubation was done in the two groups and measured PaO_2 , PaCO_2 , MAP, pH respectively. PaCO_2 , MAP, pH changes in the two groups were not significant and of no clinical significance. PaO_2 after tracheal intubation showed a marked increase in the preoxygenation group compared to the non-preoxygenation group but the mean PaO_2 remained within normal range in the non-preoxygenation group with the apneic period of taecheal intubation.

We found that non-preoxygenated patients also had a normal range of PaO_2 during the whole process of induction of anesthesia. But we think preoxygenation technique of any method can reserve more time and will do more effectively, especially when time consuming events of difficult intubation of any reason occur.

서 론

최근에는 무호흡 수기법이 전신마취 유도시 보편적인 방법의 하나이다. 마취유도가 별 이상없이 진행이 잘 된다면 문제가 없으나 만약 해부학적인 후두 이상 등과 같은 장애 요인이 있을 때에는 무호흡 수기법이 상당한 위험이 초래될 경우가 있다. 예를들면 숙련된 마취의사 보다 미숙한 마취의사가 기관내 삽관시 보다

많은 시간을 필요하게 되고 이러한 상태에서 무호흡이 길어진다면 저산소증에 직면하게 된다. 그러므로 관폐적으로 마취유도 전에 산소등으로 탈질소화시켜 저산소증을 예방하는 것이 바람직하다고 생각되어 왔다.

Hamilton 등¹⁾은 마취유도시 무호흡 상태로 만들기 전에 100%산소를 전투여하는 이유로서 폐에 충분한 예비 산소를 갖게하는 것이라고 기술했고 또한 마취유도시 관폐적으로 시행한다고 보고했다. 이러한 사실은 과거 수십년 이래 전신마취를 받을 환자에서 탈질소화

의 필요성이 중요하게 여겨져왔다. 특히 후두경삽입 및 기관내삽관시 통상 초래되는 무호흡 상태에서 혈중 산소농도를 정상적으로 유지하기 위해서는 마취유도전에 산소 투여가 요구되어 왔고 산소 투여 기간도 5분 정도가 적당하다고 생각되어 왔다.

Martin 등²⁾은 30초 동안 4번의 심호흡으로써도 후두경삽입 및 기관내삽관시 무호흡으로 인한 저산소증을 방지하는데 필요한 충분한 동맥혈 산소 농도를 유지시켜 준다고 보고했다. 그러나 연구가들^{3,4)}의 보고에서는 산소 전투여를 어떻게, 어떠한 방법으로, 언제부터 얼마나 많은 산소를 투여하는 것이 좋은가에 대해서는 충분하고 정확하게 지적된 바가 없는 것 같다. 이러한 관점에서 저자들은 여러가지 방법들이 있겠으나 그 중에서도 마취유도시 thiopenthal 정맥주사 직후부터 100% 산소를 투여한 군과 succinylcholine 정맥주사 직후 100% 산소를 투여한 군으로 나누어서 마취유도 과정중 각 시기에 따라 구분하여 평균동맥압 및 동맥혈가스분석치를 비교 관찰하여 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

재료 및 방법

관찰대상은 경북의대 마취과에서 기관내삽관에 의한 전신마취를 받을 27세에서 66세 사이의 성인 남녀중 성별 구별없이 폐 및 심혈관계 이상이 없고 미국 마취과학회 분류법에 의한 physical status class I 혹은 II에 속하는 환자 총 39명을 무작위로 선정 관찰하였다. 관찰 방법은 마취유도시 thiopenthal 정맥주사 직후부터 100% 산소를 4 L/min 씩 투여한 군을 산소전투여군으로 하고 succinylcholine 정맥주사 직후부터 100% 산소를 4 L/min 씩 투여한 군을 비산소전투여군으로 하여 두군으로 구분하여 시기에 따라서 마취전, thiopenthal 정주후, succinylcholine 정주후, 기관내삽관시로 각각 구분하여 각 시기에 따라서 평균동맥압 및 동맥혈가스분석치를 측정하여 각각 비교 관찰하였

다. 전예에서 마취전 투약은 atropine 0.4 mg 과 diazepam 10 mg 을 수술실 도착 1시간 전에 근육주사 하였고 thiopenthal 은 전예에서 4~5 mg/kg 로 2분내, 정맥주사 하였고 succinylcholine 은 1 mg/kg 를 정맥주사하고 후두경은 curved blade 를 사용했으며 endotracheal tube 를 사용하여 기관내삽관을 했으며 기관내삽관 시간은 전예에서 30초를 초과하지 않았다. 평균동맥압 및 동맥혈가스분석은 전예에서 수술실 도착 후 마취를 하기전에 Allen's test 로 척골동맥의 이상 유무를 확인한 후에 1% lidocaine 으로 국소마취하에 요골동맥에 Medicut® 18 gauge cannula 를 이용하여 arterial cannulation 을 시행하여 Statham P₂₃ series transducer®에 연결하여 Datascope oscilloscope®를 사용하여 평균동맥압을 측정하고 cannula 를 통하여 채취한 동맥혈은 Copenhagen 사 제품인 radiometer gas analysis 기계를 이용하여 동맥혈산소분압, 동맥혈이산화탄소분압 및 pH를 측정 관찰하였다.

성 적

총 39예의 관찰대상 환자에서 연령분포는 27세에서 66세 사이였고 산소전투여군에서 21명, 비산소전투여군에서는 18명이였다. 산소전투여군에서의 연령의 범위는 27세에서 66세였으며 평균연령은 46.8 ± 11.0 세였고, 평균체중은 46.0 ± 21.7 kg 이였고 혈액색소치의 범위는 10.6 gm%에서 14.4 gm%로 평균혈색소치는 12.5 ± 1.4 gm%였다. 비산소전투여군에서의 연령 범위는 28세에서 58세로서 평균연령은 44.5 ± 9.5 세로서 양군의 평균 연령은 비슷했음을 보였다. 또한 비산소전투여군에서의 평균체중은 59.6 ± 5.9 kg 으로서 산소전투여군보다 10 kg 이상의 높은 체중이었음을 알 수 있었다. 비산소전투여군의 혈액색소치의 범위는 10.4 gm%에서 13.4 gm%로서 평균 혈액색소치는 11.7 ± 0.9 gm%로서 산소전투여군과 비슷한 수치를 보였다(Table 1).

평균동맥압의 변화는 양군에서 마취전대조치는 각각

Table 1. Demographic Patients Data*

	Preoxygenation(N=21)		Non-preoxygenation(N=18)	
	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD
Age(yr)	27~66	46.8 ± 11.0	28~58	44.5 ± 9.5
Weight(kg)		46.0 ± 21.7		59.6 ± 9.5
Hemoglobin(gm%)	10.6~14.4	12.5 ± 1.4	10.4~13.4	11.7 ± 0.9

* Difference not statistically significant throughout.

Table 2. Changes of Mean Arterial Pressure with and without Preoxygenation*

	Preoxygenation (N=21)	Non-preoxygenation (N=18)
Air(control)	108.5±29.4	93.2±19.2
Thiopenthal	97.7±25.0	91.6±20.3
Succinylcholine	102.8±18.8	98.2±23.6
Intubation	135.2±17.1*	126.2±11.4*

* Values are mean±standard deviation(torr).

* p<0.001 compared with control.

Table 3. Arterial Oxygenation with and Without Preoxygenation*

	Preoxygenation (N=21)	Non-preoxygenation (N=18)
	PaO ₂ (torr)	PaO ₂ (torr)
Air(control)	95.9±15.5	89.7± 2.9
Thiopenthal	186.2±71.1*	95.8±14.3+
Succinylcholine	222.1±89.7*	141.4±70.4**
Intubation	274.5±42.4*	249.3±46.9*

* Values are mean±standard deviation.

* p<0.05 compare with control.

+ Significant different between corresponding groups.

108.5±29.4 torr로서 마취유도 기간중 큰 변화는 볼 수 없었으나 기관내삽관시 산소전투여군에서 135.2±17.1 torr로서 대조치에 비해서 현저히 상승(p<0.001)했고 비산소전투여군에서도 126.2±11.4 torr로서 대조치 보다 상승(p<0.001)했음을 알 수 있었다. 그러나 양군의 비교에서는 유의있는 변화는 볼 수 없었다 (Table 2).

동맥혈 산소분압의 변화는 산소전투여군에서 대조치 95.9±15.5 torr에서 100% 산소를 투여하기 시작한 thiopenthal 정주후 186.3±71.1 torr로서 급격히 상승(p<0.05)하기 시작하여 succinylcholine 정주후는 222.1±89.7 torr로서 현저히 상승(p<0.05)했으며 기관내삽관시 무호흡상태임에도 불구하고 274.5±42.4 torr로서 대조치의 3배 정도나 높게 상승(p<0.05)했음을 알 수 있었다. 비산소전투여군에서는 대조치 89.7±2.9 torr에서 thiopenthal 정주후는 95.8±14.3 torr로서 대조치에 비해서 변화는 없었으나 100% 산소를 투여하기 시작한 succinylcholine 정주후부터 141.4±70.4 torr로서 상승(p<0.05)하기 시작하여 기관내삽관

Table 4. Changes of PaCO₂ with and without Preoxygenation*

	Preoxygenation (N=21)	Non-preoxygenation (N=18)
Air(control)	37.6±2.9	36.9±2.3
Thiopenthal	36.3±1.7	37.1±1.3
Succinylcholine	36.3±6.2	36.2±1.9
Intubation	41.4±2.9	41.2±3.2

* Values are mean±standard deviation(torr).

* Difference not statistically significant throughout.

Table 5. Changes of pH with and without Preoxygenation*

	Preoxygenation (N=21)	Non-preoxygenation (N=18)
Air(control)	7.386±0.04	7.389±0.03
Thiopenthal	7.406±0.04	7.387±0.03
Succinylcholine	7.408±0.05	7.389±0.04
Intubation	7.376±0.05	7.360±0.03

* Values are mean±standard deviation.

* Difference not statistically significant throughout.

시는 249.3±46.9 torr로서 역시 대조치 보다 3배나 상승(p<0.05)했음을 알 수 있었다. 양군의 비교에서는 thiopenthal 정주후 부터 산소를 투여한 것이 succinylcholine 정주후 부터 산소를 투여한 것 보다 기관내삽관시 동맥혈 산소분압이 상승했음을 알 수 있다 (Table 3). 이산화탄소분압의 변화는 Table 4에서 보는 바와 같이 산소전투여군이나 비산소전투여군 공히 마취유도시 유의있는 변화는 관찰할 수 없었으나 양군에서 기관내 삽관시는 약간의 상승을 볼 수 있었다. pH의 변화는 양군에서 마취유도과정에서 유의 있는 변화는 볼 수 없었다 (Table 5).

고 찰

폐포가스 내용의 대부분을 차지하고 있는 질소가스의 존재는 폐포내에서 전신마취제 및 산소의 분압을 높게 유지하는데 큰 장애 요인이 된다. 특히 이러한 사실은 전신마취를 시행하는데 대단히 중요하다. 왜냐하면 전신마취시 저산소증의 발생 가능성 뿐만 아니라 비교적 강도가 약한 휘발성 마취제의 최대한의 이용을

방해하여서 보조적인 비취발성 마취제가 추가로 많은 양이 필요하게 된다^{5,6)}.

비취발성 마취제인 N_2O 의 흡수에 관한 보고들^{5,6)}에 의하면 N_2O 마취시 마취유지를 얻기 위해서는 이들 가스의 폐포농도를 높게 유지하는 것이 중요하다고 했으며 마취제의 양이 체내에서 흡수되는 양보다 낮은 농도로 체내에 공급된다면 폐포에서의 농도가 더 낮아지는 것은 당연하다.

이러한 이유 때문에 호기가스들의 재흡입과정에서 상당히 많은 양의 N_2O 의 제거는 마취유도를 위한 적당한 포화상태를 달성하는데 필요한 시간이 더욱 연장된다.

탈질소화의 속도나 정도는 폐포환기의 정도나 흡입시 대기내에 존재하는 질소의 농도에 의하여 결정된다. 즉 흡입되는 대기에서의 질소의 농도가 아주 적다면 탈질소화는 적당하게 쉽게 될 것이고 환기의 정도는 호흡기 질환, 호흡억제제, 기도폐쇄 및 적절한 환기를 방해하는 환자의 위치 등에 의하여 감소된다. 또한 환기의 정도는 동통, 이산화탄소의 축적 및 환기를 자극하는 인자와 보조호흡에 의해서 증가된다. 흡입되는 대기중의 질소의 양은 호기시 재흡입 및 흡입되는 주위의 대기의 양에 의하여 영향을 받고 재흡입은 마취기로부터 나오는 가스의 저류량, 발브의 적절함 및 다량의 사강 때문에 일어난다고 한다¹¹⁾.

마취유도 전의 탈질소화나 무호흡 상태전에 산소의 사용 방법에 대해서는 과거 27년 동안 많은 마취과의 사나 생리학자들에 의하여 논의되어 왔다.

Dillon 등⁷⁾은 정맥 마취제인 thiopenthal 을 정주하기 전에 산소투여의 가치를 강조했고 마취유도시 thiopenthal 을 사용했을 때에는 후두경삽입 전에 5분 동안 100%가스를 환자에게 흡입시키는 방법을 선택하기를 권고했다. 또한 다른 많은 연구가들^{8,9)}은 100%산소를 흡입시킬 때는 조절호흡으로 과호흡을 시켜줌이 동맥혈 산소분압을 상승시키는데는 더 좋다고 강조하고 있으며 Downer 등¹⁰⁾ 및 Heller 등^{11~14)}은 실험동물 및 인체실험에서 편광기투도를 이용한 측정에서 후두경삽입시 무호흡상태가 되기전에 산소를 투여함이 타당하다고 했고 또한 그들은 심호흡을 하지 않고도 동맥혈 산소분압을 70 torr 에서 300 torr 까지 상승시키는데 약 30초의 시간이 필요하다고 했다.

최근 많은 연구가들^{15,16)}은 기관내삽관전에 산소투여법의 사용을 특히 강조하고 있으나 마취유도 전에 5분간의 장시간에 걸쳐서 산소를 투여하는 것이 정말 좋은가에 대해서는 많은 의문을 나타내고 있다.

저자들의 실험성적에서 thiopenthal 정맥주사 직후부터 100% 산소를 4 L/min 투여시 동맥혈 산소분압은 마취전 대조치 95.9 ± 15.9 torr 에서 $186. \pm 71.1$ torr 로 아주 빠른 속도로 증가했고 기관내삽관시 무호흡상태가 지속되는 동안도 산소분압이 274.5 ± 42.4 torr 로 상승을 유지해 주었으며 Martin 등¹⁷⁾의 실험 결과에서 thiopenthal 정맥주사 전에 5분 동안의 100% 산소를 5 L/min 주었을 때의 350.4 ± 35.8 torr 와 비교해 보면 저자의 실험성적의 동맥혈 산소분압이 약간 낮은 수치를 보였으나 대조치보다는 현저한 상승을 했다는 것은 저자들의 실험 방법에서의 산소투여도 효과적인 방법임을 알 수가 있었고 또한 환자가 의식이 명료할 때 마스크로서 산소를 투여함이 환자에게는 상당한 불편감을 초래한다는 사실을 감안할때 오히려 thiopenthal 로서 수면상태를 유도함과 동시에 산소를 투여해서 기관내삽관전 무호흡상태에서 산소결핍이나 저산소증만 유발하는다면 효과적인 방법이라고 생각된다. succinylcholine 정맥주사 직후 100% 산소를 4 L/min 투여한 비산소전투여군에서도 마취전 대조치 89.7 ± 2.9 torr 에서 기관내삽관시의 249.3 ± 46.9 torr 로 상승한 사실은 산소전투여군과 비교해서 약간은 산소분압이 낮았으나 대조치 보다는 현저한 상승치를 보여줌으로써 안전한 기관내삽관을 할 수 있음을 알 수 있다. 이와같이 Martin 등¹⁷⁾의 실험에서도 100% 산소를 5 L/min 을 투여한군에서 기관내삽관시의 동맥혈 산소분압이 288.7 ± 23.2 torr 로서 이와 비교해서 저자들의 실험성적과도 비슷함을 보여주고 있다. 위의 사실을 종합하면 산소전투여로서 마취유도시 탈질소화는 thiopenthal 정맥주사 전이나 혹은 후에 산소를 투여하나, 또한 succinylcholine 정맥주사 직후에 산소를 투여하는 것이나 기관내삽관시 저산소증을 초래하지 않고 충분한 동맥혈 산소분압을 유지함을 알 수 있었다. Lachman 등⁹⁾은 전신마취 유도시 동맥혈 가스의 변화는 마취전 투약이나 마취유도의 속도에 따라서 변화가 있음은 당연하다고 했다. 특히 진정제 하나 만으로도 어느 정도 환기를 감소시키고 혈장 이산화탄소분압을 정상이상으로 증가시키며 동맥혈 산소 포화도는 정상 이하로 감소된다고 했다.

Colon-Yordan 등¹⁹⁾은 decamethonium 이나 pentothal sodium 을 사용하여 신속한 마취유도시의 기관내삽관시는 필연적으로 초래되는 무호흡상태 동안 동맥혈 산소 포화도는 정상이하로 떨어지고 H^+ 이온도 현저하게 감소된다고 했다. 반대로 Lachman 등⁹⁾에 의하면 100%산소로서 전투여하면 신속한 마취유도는 아주

어려운 기관내삽관으로 인한 장시간의 무호흡 상태인 경우를 제외한다면 동맥혈 산소 포화도는 정상을 유지한다고 했으며 결과적으로 100% 산소 전투여와 신속한 마취유도는 동맥혈 가스 분석치에 큰 변화가 없음을 시사했다. 이와같이 저자의 실험 성적에서도 pH, 동맥혈 이산화탄소 분압의 큰 변화가 없었던 것은 Colon-Yordan¹⁹⁾의 실험성과도 동일했음을 알 수 있고 100% 산소 투여와 보조 및 조절호흡에서의 이산화탄소 분압이나 pH는 일정한 산소의 류량만 유지해 준다면 큰 변화가 없을 것임을 유추할 수가 있었다.

평균동맥압의 변화는 산소전투여군 및 비산소전투여군에서 기관내삽관시에 대조치보다 현저히 상승했다. 이같은 현상은 Förbes 등²⁰⁾의 보고에 따르면 기관내삽관시 수축기 혈압이 25 torr 이상의 상승을 보인다고 했으며 Prys-Robert 등²¹⁾은 마취유도시 혈압의 상승은 phenoperidine 및 droperidol과 같은 혼합 마취제의 사용으로 혈압의 상승을 조금은 방지할 수 있다고 했다. 이상과 같이 후두경삽입 및 기관내삽관시 혈압 상승의 원인은 교감신경의 기능항진이 주된 원인이라고 강조하는 연구가²²⁾도 있으나 그 원인에 대해서는 완전히 증명되지는 못했다.

본 실험에서 기관내삽관시 산소전투여군과 비산소전투여군의 평균 동맥압은 각각 135.2 ± 17.1 torr 및 126.2 ± 11.4 torr로서 마취전 대조치 108.5 ± 29.4 torr 및 93.2 ± 19.2 torr와 비교해서 현저하게 상승했다는 사실은 Takeshima 등²³⁾ 및 Corbett 등²²⁾의 실험성과도 비교하면 일치하는 양상을 볼 수 있다.

이상과 같이 산소전투여의 효과 및 시기는 thiopental 정맥주사 전에 5분간 100% 산소를 투여한 실험이나 저자들의 실험과 같이 thiopental 정맥주사후 2분간의 짧은시간 100% 산소를 4 L/min씩 투여한 성적이나 비슷했고 succinylcholine 정맥주사 직후에 산소를 투여함에 있어서도 기관내삽관시 필연적인 무호흡 상태에서도 비교적 안전하고 높은 동맥혈 산소분압을 유지했음을 알 수 있고 환자에게 산소 투여시 불편감을 주지 않음에 대해서도 상당히 효과적인 산소 투여 방법이라고 사료된다.

요 약

전신마취 유도시 산소 전투여의 효과를 관찰하기 위해서 총 39명의 성인 남녀를 대상으로 산소전투여군과 비산소전투여군으로 구분하여 평균동맥압 및 동맥혈 산소분압, 이산화탄소분압 및 pH를 측정하여 양군을

비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

동맥혈 산소분압은 산소전투여군에서 대조치 95.9 ± 15.5 torr에서 thiopental 정주후 186.3 ± 71.1 torr, succinylcholine 정주후 222.1 ± 89.7 torr 및 기관내삽관시 274.5 ± 42.4 torr로서 산소투여시 부터 상승($p < 0.05$)했고, 비산소전투여군과 대조치 thiopental 정주후, succinylcholine 정주후 및 기관내삽관시 각각 89.7 ± 2.9 torr, 95.8 ± 14.3 torr, 141.4 ± 70.4 torr 및 249.3 ± 46.9 torr로서 산소를 투여한 succinylcholine 정주후 부터 산소분압이 급격히 상승($p < 0.05$)했다. 이와같이 무호흡상태인 기관내삽관시에도 높은 산소분압을 유지해서 본 실험의 산소투여 방법도 효과적임을 알 수 있었다.

이산화탄소분압 및 pH의 변화는 양군 공통 산소투여의 시기에 관계없이 정상범위인 각각 36.2 ± 1.9 torr에서 41.4 ± 2.9 torr 사이에 속했으며 pH는 7.360 ± 0.03 에서 7.408 ± 0.05 사이로서 산소투여에 관계없이 큰 변화는 볼 수 없었다.

평균동맥압의 변화는 마취유도중 시기에 따른 변화는 없었으나 양군에서 기관내삽관시 각각 135.2 ± 17.1 torr 및 126.2 ± 11.4 torr로서 대조치 108.5 ± 29.4 torr 및 93.2 ± 19.2 torr로 상승했었다.

참 고 문 헌

- 1) Hamilton WK, Eastwood DW: A study of denitrogenation with some inhalation anesthetic systems. *Anesthesiology* 16:861-867, 1955
- 2) Martin IG, Stanley M, Ignacio D: Arterial oxygenation in conscious patients after 5 minutes and after 30 seconds of oxygen breathing. *Anesth Anal* 60:313-315, 1981
- 3) Swarts CH, Adriani T, Mih A: Semiclosed Inhalers; Studies of oxygen and carbon dioxide tensions during various conditions of use. *Anesthesiology* 14:437, 1953
- 4) Crowley JW, Faulconer A Jr, Lundy JS: Certain factors influencing percentage of oxygen in mixtures of nitrous oxide and oxygen. *Anesth Anal* 27:255, 1948
- 5) Severinghaus JW: Rate of uptake of nitrous oxide in man. *J Clin Invest* 33:1183, 1954
- 6) Ketty SS: Theory and application of exchange of inert gas at lung and tissue. *Pharmacol Rev*

3:1, 1951

- 7) Dillon JB, Darsi ML: *Oxygen for acute respiratory depression due to administration thiopental sodium*. JAMA 159:1114-1116, 1955
- 8) Fowler WS, Comroe JH Jr: *Lung function studies; I. The rate of increase of arterial oxygen saturation during the inhalation of 100 % oxygen*. J Clin Invest 27:327-334, 1948
- 9) Lachman RJ, Long JH, Krumperman LW: *The changes in blood gases associated with various methods of induction for endotracheal anesthesia*. Anesthesiology 16:29-40, 1955
- 10) Downers JJ, Wilson JF, Goodson D: *Apnea, suction and hyperventilation: Effect on arterial oxygen saturation*. Anesthesiology 22:29-33, 1961
- 11) Heller HL, Watson TR Jr: *Polarographic study of arterial oxygenation during apnea in man*. N Eng J Med 264:326-330, 1961
- 12) Heller HL, Watson TR Jr: *Arterial oxygenation during transition from 100% oxygen to air breathing; Polarographic PaO₂ study*. Anesthesiology 22:385-392, 1961
- 13) Heller HL, Watson TR Jr: *The role of preliminary oxygenation prior to induction with high nitrous oxide mixtures; Polarographic PaO₂ study*. Anesthesiology 23:219-230, 1962
- 14) Heller HL, Watson TR Jr, Imredy DS: *Apneic oxygenation in man; Polarographic arterial oxygen tension study*. Anesthesiology 25:25-30, 1964
- 15) Heller HL, Watson TR Jr, Imredy DS: *Effective nitrous oxide uptake on arterial oxygenation*. Anesthesiology 28:904-913, 1967
- 16) Norris W, Campbell D: *Anesthetic, resuscitation and intensive care*. 3rd ed, Edinburgh, E & S Livingston, 1971, p94
- 17) Fry DE, Whitman JG, Chakrabarti MK: *Induction apnea in the peripheral chemoreceptors*. Brit J Anaesth 45:1054-1056, 1973
- 18) Martin IG, Stanley M: *Arterial oxygenation during laryngoscopy and intubation*. Anesth Anal 60:316-318, 1981
- 19) Colon-Yordan E, Mackrell TN, Stone, HH: *An evaluation of use of thiopental and decamethonium bromide for rapid endotracheal intubation*. Anesthesiology 14:275-277, 1953
- 20) Förbes AM, Dally FG: *Acute hypertension during induction of anesthesia and endotracheal intubation in normotensive man*. Brit J Anaesth 42:618-624, 1970
- 21) Prys-Robert C, Foex P, Biro GP, et al; *Studies of anesthesia in relation to hypertension, V; Adrenergic beta-receptor blockade*. Brit J Anaesth 45:67-69, 1973
- 22) Burstein CL, Pinto FJ, Newman W: *Electrocardiographic studies during endotracheal intubation; I: Effects during usual routine technics*. Anesthesiology 11:224, 1950
- 23) Takeshima K, Noda K, Higaki M: *Cardiovascular responses to rapid anesthesia induction and endotracheal intubation*. Anesth Anal Curr Res 43:201, 1964
- 24) Corbett JL, Kerr JH, Prys-Robert C: *Cardiovascular responses to aspiration of secretion from the respiratory tract in man*. J Physiol 201:51, 1969