

청주지역 청소년의 혈액 속 일산화탄소 함량 분석

김창석* · 박명래¹ · 류해일²

충북대학교 사범대학 과학교육학부

¹진천 이월중학교

²공주대학교 사범대학 화학교육과

(2005. 4. 25 접수, 2005. 6. 27 승인)

Analysis of carbon monoxide in blood for teenagers at Cheongju

Chang Suk Kim*, Myong Rae Park¹ and Hae-Il Ryu²

School of Science Education, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

¹*E-Wall Middle School, Jincheon 365-820, Korea*

²*Department of Chemistry Education, Gongju National University, Gongju 314-701, Korea*

(Received April 25, 2005, Accepted June 27, 2005)

요 약 : 청주지역에 거주하는 청소년들을 대상으로 흡연과 비 흡연에 따른 혈액속의 CO 함량을 조사하였다. 실험 결과 비흡연 청소년 남자는 2.73 %, 여자는 2.45 % 함유하였고, 흡연 청소년은 CO를 남자는 8.81 %, 여자는 7.64 % 함유하였다. 즉 흡연자가 비흡연자보다 CO 함량이 3배 이상 높았다. 이것은 성인 흡연자의 10.64 %에 근접하는 값이었다.

Abstracts : The quantitative contents of carbon monoxide in fresh blood for smokers and nonsmokers were measured by uv-visible spectrophotometric methods on the teenagers and adults. As a result, all blood contained some level of carbon monoxide. Typical teenager nonsmokers had a carbon monoxide level between 2.45 and 2.73 %, smokers had a between 7.64 and 8.81 %. On the other hand, adult nonsmokers contained carbon monoxide to 3.55 % in fresh blood and adult smokers had 10.64 %. This means that smokers have more carbon monoxide in blood than nonsmokers at the all ages.

Key words : teenager, smokers, blood, CO

1. 서 론

흡연은 인간의 불필요한 습관중의 하나로서 인간의 불필요한 행동에 의한 대표적 신체오염이다. 흡연은 주위의 비흡연자에게도 간접적인 영향을 미쳐 자신보다도

더 큰 피해를 준다는데 문제의 심각성이 있다. 즉 흡연은 각종 호흡기 질환의 주범으로서 특히 폐암의 발생 원인으로 알려져 있다. 또한 후두암, 간암 등을 유발하며 순환기와 소화기에도 영향을 미친다고 한다.

흡연과정에서 나타나는 유해물질이지만 그 독성이 비

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)43-261-2736 Fax : +82-(0)43-271-0526

E-mail: chsuk@chungbuk.ac.kr

교적 단기간에 나타나지 않는 것으로 CO가 있다. CO는 흡연시 발생하는 물질 중에서 tar, nicotine과 함께 건강에 가장 해로운 물질 중의 하나이다. 그런데 CO에의 노출에서 나타나는 피해는 CO의 농도가 밀폐된 지역에 노출되었을 때 나타나는 급성중독 이외의 경우 단기적으로는 별다른 증상이 나타나지 않기 때문에 그 심각성을 경시하여 왔다. 요즘의 생활공간, 특히 아파트와 같은 외부공기의 유출입이 차단된 공간에서 생활하는 사람들은 CO의 농도가 높은 영역에서 살게 되고, 이것은 CO에 장기적으로 노출될 가능성이 높다.

흡연을 하면서 담배연기를 흡입할 때 담배연기에 포함된 CO는 폐를 통하여 혈액 속으로 녹아들어가 몸속에 필요한 산소의 공급을 방해한다. 즉, 호흡을 통하여 혈액으로 들어간 산소는 헤모글로빈(이하 Hb로 함)과 결합하여 온몸으로 운반되는데, CO는 이러한 산소 운반을 방해한다. 따라서 CO는 일차적으로 산소의 전달을 방해하여 신체 각 조직은 일종의 질식 상태를 일으킨다. 또한 CO는 혈색소와 결합하면 혈색소에서 산소의 해리 반응을 방해하여 이차적으로 조직에 저산소증을 일으킨다. 이러한 CO의 두 가지 특성 때문에 CO중독은 단순한 빈혈보다는 더 심한 조직 저산소증을 초래하게 된다.^{1,6} 그러므로 흡연자는 숨을 제대로 쉬더라도 산소가 희박해 진다. 그 외에도 CO는 수많은 흡연자들을 괴롭히는 만성 피로를 일으킬 수도 있으며 혈관 벽에 상처를 입혀 심장병이나 중풍 등을 일으킬 수 있다.⁷

또한 CO에 중독이 되면 뇌 조직에 저산소증을 초래하여 뇌하수체-부신기전(Pituitary-adrenal mechanism)에 의하여 체장이 수축되어 말초 혈액 내 적혈구 수의 증가를 가져온다.⁸

현재 전 세계적으로 각 지역 주민들의 건강을 보호하기 위하여 흡연율을 낮추기 위한 연구와 캠페인이 다각적으로 시도되고 있어, 흡연율이 점차 낮아지는 추세이다.^{9,10} 그러나 우리나라의 경우 흡연 시작 연령도 조기화되어 청소년의 흡연이 확산되고 있는 경향이다.¹¹

또한 최근 보고¹²에 의하면 우리나라의 중, 고등학생 흡연자는 약 50만 명으로 추정되며, 이는 전체 중학생의 남자 7.4%, 여자 3.2%, 그리고 고등학생의 남자 27.6%, 여자 10.7%에 해당하는 인원이다.

그런데 흡연자에게서 나타나는 CO의 농도는 흡연에 노출된 기간과 흡연에 노출된 연령에 의하여 영향을 받을 수 있다. 더욱이 성인의 흡연율이 낮아지고

청소년의 흡연이 높아지고 있는 우리나라의 현실을 살펴볼 때 성인과 청소년 그리고 남성과 여성의 흡연자와 비흡연자에게 포함된 CO의 농도를 살펴볼 필요가 있다.

이러한 측면에서 본 연구에서는 청주 지역에 거주하는 사람들을 대상으로 연령과 성별에 따라 흡연자와 비흡연자의 혈액 속에 있는 CO의 함량을 알아보았다. 즉 본 연구는 청소년과 성인, 남성과 여성을 대상으로 흡연자와 비흡연자의 혈액 속에 있는 CO의 농도를 측정 비교하였다. 이를 통하여 장기적인 흡연에 따른 혈액속의 CO 농도 측정량을 알아보고 청소년들에게 흡연의 유해성을 알리며, 흡연에 노출되는 것을 미연에 방지할 수 있도록 하기 위함이다.

2. 실험

혈액 속에 포함된 CO의 양을 측정하는 방법¹³⁻¹⁷은 여러 가지가 알려져 있다. 즉 기체 계량법, chromatography 법, Conway diffusion 법, IR 분광광도법, UV-visible 분광광도법 등이다.

이들 중 기체 및 chromatography 법은 기구 사용의 어려움 때문에 사용을 기피하며, 그 밖의 또한 다른 여러 방법들도 bilirubin의 방해 때문에 사용에 난점이 있다. Bilirubin은 주로 우리 몸속에 돌고 있는 적혈구가 약 120일간의 정상적인 생명을 살고 난 뒤 만들어 지는 색소로 노폐물이다. 이것은 여러 조직에 침착하기 때문에 흡광도를 측정하는데 방해가 된다.

그러나 UV-visible 분광 광도법은 bilirubin의 방해를 받지 않으며, 오차가 작기 때문에 좋은 실험 방법이라 할 수 있다. 따라서 본 연구는 이 방법을 이용하였다. 즉 혈액 속에 있는 CO의 농도는 CO 분자들이 붙어 있는 Hb을 %로 나타낸 것이다. 이 %는 UV-visible 분광 광도법에 의해 Carboxyhemoglobin[Hb-CO]의 농도를 측정함으로써 결정된다. 이 방법은 Oxyhemoglobin[Hb-O₂]은 Hb로 환원시키고 남은 Hb-CO의 농도를 UV-visible spectrophotometer로 측정하는 것이다.¹⁸

2.1. 기기, 시약 및 혈액채취

혈액 속의 CO 함량을 측정하기 위하여 UV-visible spectrophotometer를 사용하였는데 이것은 Milton Roy Spectronic 3000 Array사 제품이었고 quartz cell을 사용하였다. 또한 본 실험에 사용한 시약들은 다음과 같다. Oxyhemoglobin을 환원시키기 위하여 암모니아수와 Na₂S₂O₄를 사용하였는데 이것은 각각 純正化學(日)과

Aldrich사 제품이었다. 그리고 물은 1차 증류수를 사용하였다.

또한 본 연구는 연령에 따라 흡연자와 비 흡연자의 혈액 속 CO의 농도를 비교하는 것이다. 따라서 연구의 대상이 되는 집단은 연령을 청소년과 성인으로 구분하였다. 청소년은 남, 여 별로 흡연자와 비흡연자를 구분하여 조사하였다. 청소년 연령은 14-16세였으며 흡연자의 흡연 경험기간은 2~4년 정도를 대상으로 하였다. 흡연의 양은 여학생은 하루에 약 5개비, 남학생은 하루에 약 6개비 정도를 기준으로 하였다. 거주 지역은 청주지역에 거주하는 남녀 학생으로 각각 10명씩으로 하였다. 그리고 비흡연자도 14-16세의 남녀 학생들을 각각 10명을 대상으로 혈액을 채취하였다.

한편 성인은 30, 40대 흡연자와 비흡연자로 하였으며, 흡연자의 흡연기간은 10-20년 정도, 흡연의 양은 하루에 약 10-20개비 정도를 기준으로 하였다. 성인도 역시 청주지역 거주자로 10명을 피험자로 하였다. 다만 성인은 남여를 구분하지 않고 흡연자와 비흡연자를 각각 10명씩을 대상으로 하였다. 따라서 대상 인원은 청소년 40명, 성인 20명으로 총 60명 이었다. 성인의 경우를 구체적으로 보면 비흡연자는 남녀 각각 5명씩이었으나 흡연자는 남자 8명, 여자 2명이었다.

피험자들의 혈액 채취는 병원에서 전문의에 의하여 채취하였다. 즉 피험자 별로 5 mL의 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액은 전문용 튜브에 넣어 밀폐한 후 냉장 보관하였으며, CO의 측정은 혈액 채취 후 3일 이내에 이루어지도록 하였다.

2.2. 흡광도 측정

흡광도를 측정하기 위하여서는 표본 혈액이 CO의 측정에 적합한 혈액인지를 알아보아야 한다. 이 검증을 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 즉 heparin으로 응혈 방지 처리를 한 혈액 중에서 100 μL를 0.4 % NH₄OH 25 mL에 넣는다. 잘 혼합하여 약 2분간 방치한 후 UV spectrum을 조사한다(Fig. 1). 혈액의 표본으로의 적합성은 541 nm와 555 nm에서의 흡광도의 비(A₅₄₁/A₅₅₅)가 0.825에서 1.225 사이이면 적합하다고 알려져 있다.¹³ 즉 보통혈액은 λ_{max}가 두 곳에서 나타났고 본 연구에서 조사된 혈액도 모두 이 영역에 포함되었다. 이것은 deoxyhemoglobin은 λ_{max}이 555 nm에서 나타나고 Hb-CO의 λ_{max}는 541 nm에서 나타나기 때문이었다. 이 혈액 속에는 Hb-O₂와 Hb-CO가 함유되어 있는데 흡광도를 조사하기 위하여 다음과 같은 방법으로 Hb-CO만 함유되도록 하여 흡광도를 측정하였다.¹³ 즉 0.4 %

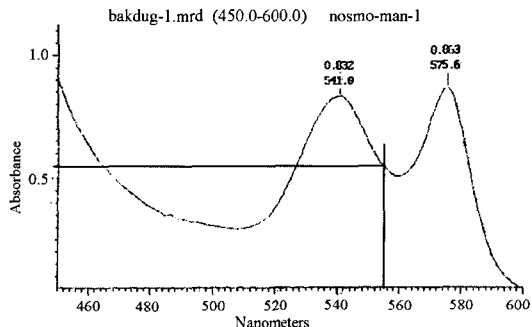


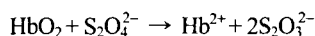
Fig. 1. Visible absorption spectrum of adults nonsmoker blood.

NH₄OH 3 mL와 혈액 3 mL를 시험관에 넣고 Na₂S₂O₄ 10 mg을 가한다. 교반하여 5분간 방치한 후 상온에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 모든 값은 t-test를 거쳐 통계적으로 유의한가를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

Dalziel 등²⁰에 의하면 hemoglobin의 환원은 Na₂S₂O₄를 첨가 후 4-8분 사이에서 반응이 거의 일정한 것이라고 보고하였다. 본 실험에서도 여러 sample을 측정해 본 결과 5분 후와 10분 후의 그래프가 동일하여 5분이 지난 후에 측정하였다.

Oxyhemoglobin(HbO₂)이 S₂O₄²⁻에 의하여 환원될 때 다음과 같이 나타낼 수 있다.



그런데 Tietz 등¹³은 인위적으로 Hb에 CO를 가하여 Hb-CO의 영역을 0%부터 100% 까지 조사해 본 결과 Hb-CO 농도에 대한 A₅₄₁/A₅₅₅의 비, R과 CO 함량(%)에 대한 관계는 선형으로 나타남을 보고하였다. 즉 y=ax+b와 같은 1차식으로 나타내었다. 여기서 y는 R을 나타내며, x는 CO의 함유율(%), a는 기울기로서 실험에 의하여 계산될 수 있는 값이다. 그 결과 다음과 같은 식(1)을 제안하였다.

$$R = 3.667 \times 10^{-3}x + 8.420 \times 10^{-1} \quad (1)$$

(R = A₅₄₁/A₅₅₅, x = %CO)

이 식은 다시 정리하면 식(2)와 같이 나타낼 수 있으며, 식(2)에서 간단히 R을 계산하면 CO의 함량을 알 수 있게 된다.

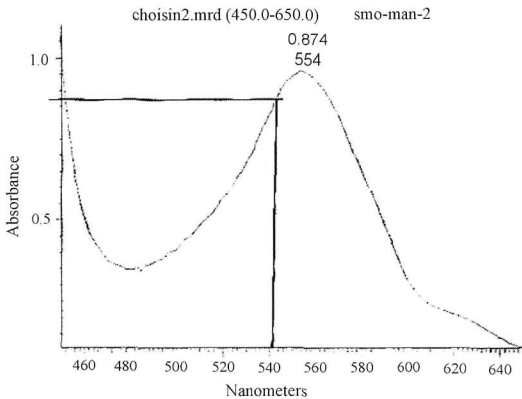


Fig. 2. Visible absorption spectrum of deoxyhemoglobin for adults smoker blood.

$$\%CO = 272.7025R - 229.615 \quad (2)$$

본 연구에서 R을 계산하기 위해 연령과 흡연여부 그리고 청소년의 경우 성별에 따라 각 집단별로 UV 흡광도를 조사하였는데 Fig. 2는 성인에 대한 환원 spectrum이다. 환원 spectrum은 모두 λ_{max} 이 하나이며 Fig. 2로부터 R을 계산할 수 있었다. 그 밖의 관계도 같은 양상으로 동일한 방법으로 R을 계산하였다.

일반적으로 공해가 상대적으로 적은 시골에 거주하는 비흡연자의 혈액에는 평균 0.5~2%의 CO가 포함되어 있고, 공기오염이 상대적으로 높은 도시 거주자의 경우 혈액 속에 평균 5% 정도의 CO가 포함되어 있는 것으로 알려져 있다.¹⁹

CO는 혈액속의 Hb과의 결합력이 산소보다 약 210 배²¹ 정도 강하다. 흡광도 측정에 의해 계산된 CO 함량에 대한 R 값을 Table 1에 나타내었다. Table 1의 모든

Table 1. The ratio of R(A₅₄₁/A₅₅₅) in blood for the teenagers and adults

		Sex	No	R
Teenagers	Nonsmoker	male	10	0.852
		female	10	0.851
	Smoker	male	10	0.872
		female	10	0.870
Adults	Nonsmoker	male	5	0.855(mean)
		female	5	
	Smoker	male	8	0.880(mean)
		female	2	
Total			60	

Table 2. The contents(%) of carbon monoxide in blood for teenagers and adults

		Sex	CO%	No
Teenagers	Nonsmoker	male	2.728	10
		female	2.453	10
		mean	2.591	
	Smoker	male	8.812	10
		female	7.637	10
mean		8.225		
Adults	Nonsmoker		3.545	10
	Smoker		10.637	10

통계 값은 t-test 결과 $\alpha = 0.01$ 로서 집단사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. Table에서 R은 0.851에서 0.880으로서 직선식을 이용할 수 있는 영역에 들어갔다. 이것은 혈액속의 CO 함량(%)을 식(2)를 이용하여 계산할 수 있음을 의미하였다. 일반적으로 R 값은 청소년에 비하여 성인이 높게 나타났다. 계산 결과는 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서 청소년 비흡연자의 평균 혈중 CO %는 2.59%로서 시골의 비 흡연자들의 양(0.5~2%)보다도 높게 나타났다. 이것은 대기 중 CO 함량의 증가이거나, 실내 환경오염에 따른 결과로 볼 수 있다.

또한 성별에 따른 결과는 청소년 비흡연 남자는 2.728%이며 여자는 2.453%로서 이것은 청소년 남자들의 활동량과 관계가 있을 것으로 생각되지만 구체적 원인은 조사하지 않았다. 또한 청소년 흡연자의 경우 남자는 8.812%였으며, 여자는 7.673%로서 남자가 여자보다 1.2% 높았다. 이것은 청소년들로서는 매우 높은 값에 해당한다. 보고^{7,13}에 의하면 혈중 Hb-CO의 농도가 10% 이상이면 숨이 차며, 보통 골초인 경우의 혈중 CO%가 9%대인 것으로 되어 있다. 따라서 청소년들의 흡연은 심각하여 학습 부진의 직접적인 요인이 되고 있음을 볼 수 있다. 그들의 흡연 기간은 대개 2~3년으로 되어 있는데, 성인의 흡연자에 비하여 크게 낮지 않음을 볼 수 있다. 즉 성인 비흡연자의 CO %는 3.545%로서 평균 도시의 비 흡연자의 양(5%)에 비하여 낮았다. 이것은 아직 대기 중의 CO 함량은 위험한 수준에 도달해 있지 않음을 나타내는 것으로 볼 수 있다. 그러나 성인 흡연자의 경우 혈중 CO의 양은 10.637%로서 상당히 높았다. 이 값은 흡연에 의한 발병 원인은 무시한다 하더라도 만성적 피로에 젖어 있거나, 숨이 차기 때문에 일을 하는데 지장을 줄 수 있는 양이다. 또한 흡

연에 의한 Hb-CO 함량 변화를 보면, 청소년이나 성년의 경우 흡연자의 혈중 CO 함량이 비흡연자에 비하여 약 3배 높았다. 그러나 같은 3배라도 전반적으로 성인의 경우 CO의 함량이 높은 것을 볼 수 있었다. 또한 청소년은 2.59% → 7.91%(△5.32%)이며 성인은 3.55% → 10.64%(△7.09%)인 것으로 보아 흡연 기간이 길수록 흡연자와 비흡연자 사이에 %CO의 차이가 늘어나고 있다는 것을 간접적으로 보여주는 것이라 할 수 있다.

성별에 따른 차이를 보면 남성의 평균은 6.65%인 반면 여성의 평균은 4.91%로 남성이 여성보다 높게 나타났다. 그리고 남성은 흡연자와 비흡연자 모두에서 여성의 흡연자와 비흡연자에 비하여 CO의 비율이 높게 나타났다. 남성 비흡연자의 평균은 3.27%인 반면 남성 흡연자의 평균은 9.45%(약 3배)로 약 6.18%의 차이를 보이고 있다. 여성 비흡연자의 평균은 2.54%(약 3배)인 반면 여성 흡연자의 평균은 7.86%로 약 5.32%의 차이를 보이고 있다. 이것은 남성 흡연자와 비흡연자 사이에 CO 비율의 차이가 더 큼을 나타내었다.

결과적으로 흡연은 Hb-CO의 혈중 농도를 증가시켜, 판단력의 결여나 무기력증을 유발할 수도 있고 청소년들의 학습 효과를 저하하는 요인으로 작용될 수 있음으로 금연을 강력히 권고해야 할 것이다. 또한 대기 중 CO 농도²²가 0.1 ppm으로 되어 있는 현재보다 더 증가되는 요인을 제거하여야 한다. 즉 보통 CO의 평균 수명²²은 36~110일로 되어 있기 때문에 CO를 분산하여 배출하는 것도 대기 중 CO 농도의 감소에 도움이 될 것이다. 더불어 도시와 시골에서의 CO 오염원인과 흡연자의 혈 중 CO 함량관계에 대한 더 구체적인 연구가 장기적으로 시행되어야 할 필요성이 있다고 본다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 충북대학교 학술연구지원사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

1. 김윤신, “실내환경과학”, 민음사, **32**, 52-58, 157-158(1995).
2. B. Macdermott, “Textbook of medicine, carbon monoxide poisoning”, 63-64(1975).
3. G. W. Thorn, H. D. Adams, E. Braunwald, K. J.

- Isselbacher and R. G. Peterdorf, “Harison’s principles of internal medicine”, 8th Ed, pp. 693-694, 1975.
4. N. W. Tietz, “Carbon monoxide poisoning”, 2nd Ed, pp. 1105-1109, 1976.
5. F. S. West and W. R. Todd, “Textbook of biochemistry”, The Macmillan Company, New York, p. 545, 1962.
6. D. G. Penny, “Carbon Monoxide”, CRC Press: Boca Raton, FL, 1996.
7. 강성동, 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위논문, pp. 9-14, 2002.
8. J. Barcroft, C. D. Murray, D. Orahovats, J. Sands and R. Weiss, *J. Physiol.*, 60-79(1925).
9. M. C. Fiore, *Mediclin North Am.*, **76**(2), 289-303(1992).
10. B. Meijer, D. Branski, K. Knol and E. Keren, *CHEST*, **110**(4), 921-926(1996).
11. 서일, 지선하, 김소윤, 신동천, 류소연, 김일순, *한국역학회지*, **20**(2), 257-266(1998).
12. a) 지선하, 한국청소년 흡연의 현황, (2001), b) 金辰, 흡연예방 교육에 의한 중학교 1학년생들의 흡연 지식 및 행위변화에 관한 연구(2002). 청소년 흡연예방 운동 시범학교 워크숍.
13. N. W. Tietz, A. Ermarinda and M. S. Fiereck, *Ann. Clin. Lab. Sci.*, **3**(1), 36-41(1973).
14. J. Amenta, “The spectrophotometric determination of carbon monoxide in blood. Standard methods of chemistry”, **4**, 31-38(1963).
15. K. M. Dubowski and F. W. Jr. Sunderman, *J. B. Lippincott*, Philadelphia, pp. 49-60, 1964.
16. N. M. Klendshoj and A. Sprague, *J. Biol. Chem.*, **183**, 297-303(1950).
17. E. J. Van Kampen and H. Klouwen, *Rec. Trav. Chim. Physbas.*, **73**, 119-128(1954).
18. A. Jr. Ramieri, P. Jatlow and D. Seligson, *Clin. Chem.*, **20**, 278(1974).
19. B. P. Huddle and J. C. Stephens, *J. Chem. Edu.*, **80**(4), 441-443(2003).
20. K. Dalziel and J. R. P. O’Brien, *J. Biochem.*, **67**, 119-124(1957).
21. 鄭文植외 3인 共編, “環境化學”, 신광출판사, p. 277, 1997.
22. 김동수의 5인 역, “環境化學”, 자유아카데미, p. 310, 1999.