

방광뇨와 혼합정맥혈의 산소분압의 비교

이두연 * · 김은기 * · 조범구 * · 홍필훈 * · 이동우 **

— Abstract —

Comparison between Bladder Urine O₂ Tension and Mixed Venous Blood O₂ Tension in Human

D.Y. Lee*, E.K. Kim*, B.K. Cho*, P.W. Hong* and D.W. Lee**

Tissue O₂ tension is an important guide in detection of the general condition in critical patients. The tissue O₂ is more difficult to measure with O₂ sensor in skeletal muscle and subcutaneous tissues to present. But it is much easier to measure O₂ tension in bladder urine with Gensini catheter in Foley catheter than in tissue. We have measured O₂ tension in bladder urine, main pulmonary artery and radial artery in 16 patients in chest surgical department of Yonsei University, College of Medicine from September 26 to December 22, 1981. Six patients were male and ten patients were female. Their ages ranged from 8 to 43 years. The correlation equation between the simultaneously measured PvO₂ and P_uO₂ was found to be $PvO_2 = 4.04 + 0.88 \times P_{u}O_2$ ($r=0.88$, $p<0.0001$) in regression curve with computer (HP3.000, Program: SPSS) in the Yonsei University.

Measurement of O₂ tension in bladder urine and MPA will be rather simple, rapid and reproducible method than that of the O₂ tension in tissues. But the speed of O₂ consumption in urine is fast and so the O₂ tensions in bladder urine were measured as soon as possible after they were collected.

They were no complications or morbidity during measurement of O₂ tension in these procedures except spontaneous removal of radial arterial cannulas in 2 patients.

I. 서 론

위급환자의 인공호흡의 주요 목적은 인체 각 조직에 산소공급을 충분히 하며 조직내의 산소분압을 일정하게 유지하는데 그 목적이다.

이들에 대한 간접적인 검사로는 농맥혈의 산소분압 및

* 연세대학교 의과대학 흉부외과학교실

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery,
Yonsei University, College of Medicine

** 연세대학교 원주의과대학 보건학과

** Department of Public Health, Yonsei University,
College of Medicine.

1986년 12월 4일 접수

탄산가스분압을 측정할 수 있으며 동시에 혼합정맥혈의 산소분압 및 탄산가스분압을 측정할 수 있다. 그러나 조직내의 산소요구량의 증가, 혈액순환 및 심박출량의 감소등에선 혼합혈의 산소분압보다 정맥혈의 산소분압이 더욱 뚜렷이 하강함을 발견할 수 있다¹.

이와같이 정맥혈의 산소분압의 변화를 관찰함으로써 조직내의 산소분압의 변화를 예측할 수 있다. 그러나 가장 바람직한 검사소견은 필요한 장기내 조직에서 직접 산소분압을 측정하는 것이다. 물론 조직의 산소분압을 측정하기 위하여 mass-spectrometer O₂ electrode 가 개발되어 있으나 아직 임상적으로 이용하기가 곤란하며 실험단계에 있다^{2,3}. 이와 같은 이유로 조직장기 내의 공간에 상당시간 저장되어 있는 조직액, 방광뇨등

은 주위 장기의 기체분압과 평행을 유지하고 있기 때문에 이들 액체의 산소분압은 주위 장기의 산소분압과 동일하거나, 상관관계가 있을 것으로 추정할 수 있다.

1971년 Reich와 Eisman을 동물실험에 있어서 출혈로 인한 과혈성 “속”을 일으키면 그 동물의 뇌의 산소분압이 떨어진다는 것을 보고하였으며¹⁰⁾, 또한 인체에 있어서도 “속”에 빠진 상태의 환자에서 뇌의 산소분압이 현저히 감소됨을 보고한바 있다⁶⁾. 이상과 같은 사실을 볼때 뇌의 산소분압이 조직이나 기관에 보급되는 산소운반과 밀접한 관계가 있으리라는 것을 추측할 수 있으며 한걸음 더 나아가서 조직의 산소화 상태를 반영시켜 주는 것으로 볼 수 있다. 한편 후합정맥혈의 산소분압도 조직의 산소화를 반영시킨다고 생각되어 왔으며 또한 이러한 가정하에서 임상면에서 이용되고 있다¹²⁾. 즉 정맥혈의 산소분압이 낮으면 대체로 조직의 산소운반에 저하되어 있다고 생각되며 이것은 동맥혈중 산소량의 감소보다는 조직으로의 혈류의 감소에 의한 것으로 인정된다. 조직으로의 혈류감소가 심하면 심 할수록 조직에 산소공급은 줄어들게 되나 조직에서 펼연적인 산소소모는 있기 때문에 정맥혈의 산소분압은 감소된다고 본다. 이상으로 볼 때 소변의 산소분압과 정맥혈의 산소분압은 다같이 조직의 산소운반을 반영하는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 저자들은 이 양자간의 상관관계를 검토하기 위하여 아래와 같은 실험을 시작하였다.

II. 실험 방법

본 연세의대 흉부외과에서는 1981년 9월부터 12월까지 중환자실에서 입원치료 하였던 16례를 대상으로 실험을 실시하였다. 환자의 연령은 8세에서 42세까지 다양하였으며, 남자가 6례, 여자가 10례였다. 이중 14례는 개심수술을 시행하였던 환자로써 이중 승모판 대치수술을 시행하였던 4례, 승복판마 대치수술이 4례, 대동맥판막 대치수술 및 승모판막성형수술이 1례, 심방증격 결손증 교정수술이 3례, 심실증격결손교정수술이 1례가 있었으며 또한 흉부좌상이 2례 있었다 (Table 1).

방광뇨를 채취하는 방법에는 외부 대기의 오염을 방지하기 위하여 Foley 카테타를 통하여 방광속까지 Gensini 카테타(Dacron 카테타)를 삽입하였고, 이를 통하여 방광뇨를 채취하였고, 채취즉시 뇌산소분압을 측정하였다. 뇌의 량이 많은 경우는 유출되는 뇌를 그대로 채취할 수 있으나 뇌량이 적은 경우는 30분이상 뇌의

Table 1. 방광뇨 및 혼합정맥혈의 산소분압 측정의 짜비교

환자	연령 (세)	성별	검사 도수	방 광 뇨 산 소 분 압	정 맥 혈 산 소 분 압
(A)	36	M	6	49.4 ± 7.53	50.6 ± 6.41
(B)	8	F	5	40.6 ± 4.32	41 ± 3.92
(C)	43	F	9	27.6 ± 3.79	25.1 ± 2.71
(D)	11	M	7	39.1 ± 3.43	35 ± 1.71
(E)	40	F	8	27.4 ± 2.64	26.8 ± 1.24
(F)	41	F	3	26.7 ± 4.37	26.7 ± 3.50
(G)	32	F	5	26.6 ± 3.08	26.1 ± 2.35
(H)	24	M	6	28.7 ± 4.38	28 ± 4
(I)	42	M	8	31.3 ± 1.94	30.1 ± 1.87
(J)	30	F	5	25.4 ± 3.74	25 ± 4.11
(K)	24	M	7	41 ± 2.95	40.6 ± 3.03
(L)	43	F	2	33.8 ± 0.35	33.5 ± 0.7
(M)	31	F	8	36.9 ± 5.18	35.9 ± 5.08
(N)	16	M	6	34 ± 4.58	39 ± 3.69
(O)	13	F	3	30.3 ± 2.32	33 ± 21.20
(P)	22	M	3	23.3 ± 4.15	35.7 ± 5.78
평균				33.16 ± 3.87	33.15 ± 3.87

PuO₂ : 방광뇨 산소분압

U.O. : Urine output (cc/Kg/hr)

시간 당뇨량 (cc/몸무게 Kg/시간)

PvO₂ : 혼합 정맥혈의 산소분압

PaO₂ : 동맥혈의 산소분압

± S.E.M. : 평균치±표준오차

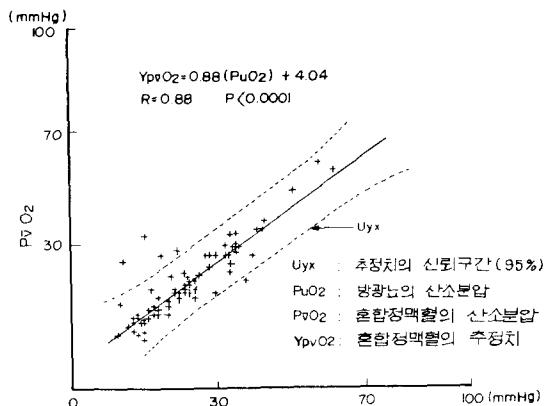
유출을 막은 후에 방광뇨를 채취하였다. 방광뇨채취와 동시에 요골동맥에서 동맥혈을, 폐동맥부위에 삽입되어 있는 카테타를 이용 혼합 정맥혈을 채취하여 산소분압을 측정하였다. 개심수술을 시행한 환자에선 수술중 우심실을 통하여 폐동맥 부위에 Polyethylene 카테타를 삽입하고 정시켜 혼합정맥혈 채취가 용이하게 하였다. 또한 흉부좌상환자의 경우엔 Swan-Ganz 카테타를 폐동맥까지 삽입시켜 정맥혈 채취에 사용하였다. 산소분압측정에는 radiometer (BHM 71, MK₂)를 이용하였고, 산소가 “0”인 Zero 용액으로 검도하였고 뇌의 산소분압을 측정하기 전엔 150 mmHg의 산소분압을 가진 37°C 증류수를 이용하여 검도하였다. 또한 뇌의 산소분압은 뇌내 물질의 산소소모에 의해 시간이 경과함에 따라 뇌산소분압은 급속히 감소하기 때문에 이들 산소소모 정도를 측정하기 위하여 중환자실에 입원 하였던 환

자 16례를 무작위로 선택하여 산소분압의 시간적 변화를 관찰하였다(도표 4).

III. 결 과

이를 16례의 실험환자에서 방광뇨 산소분압(P_{uO_2}), 혼합정맥혈 산소분압(PvO_2), 동맥혈 산소분압(PaO_2) 및 시간당 뇌량을 측정하였다. 91회의 실험성적에서 방광뇨의 산소분압은 평균 33.16 ± 3.87 mmHg 이었고 혼합정맥혈의 산소분압은 평균 33.15 ± 3.87 mmHg 이었으며 이중 제 4, 14, 15, 16례를 제외하고는 방광뇨와 혼합정맥혈의 산소분압차 사이엔 순상관관계가 존재함을 발견할 수 있었다.

도표 1. (1) 방광뇨 및 혼합정맥혈의 산소분압치의 비교 ($N=91$)



이 양자간의 상관관계의 상관계수를 구하고 적선회귀방정식을 유도한 결과는 다음과 같다(도표 1).

$N = 91$

$$Y_{pVO_2} = 4.4 + 0.88 P_{uO_2} \sim$$

$$r = 0.88 \quad P < 0.0001$$

$$결정계수 \quad R^2 = 78.1\%$$

PvO_2 : 혼합정맥혈의 산소분압

P_{uO_2} : 방광뇨의 산소분압

(Computer : Hp / 3,000, SPSS 사용)

동시에 측정된 양자는 순상관관계에 있으며 78.1%의 상관관계에 있다.

또한 T-test에서 $P < 0.0001$ 에서 의의가 있었다.

도표 2. 방광뇨 및 동맥혈 산소분압의 비교 ($N=83$)

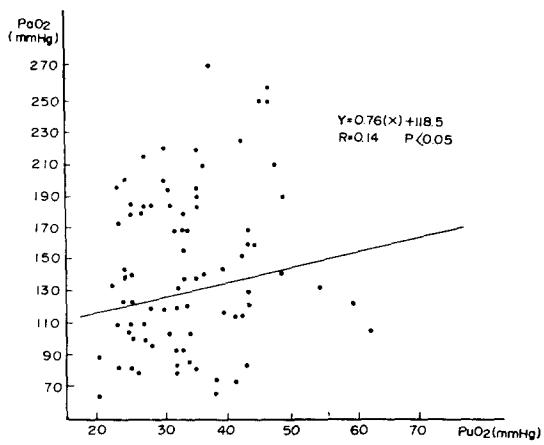


도표 3. 방광뇨 산소분압 및 뇌량의 비교 ($N=16$)(84 : 채취수)

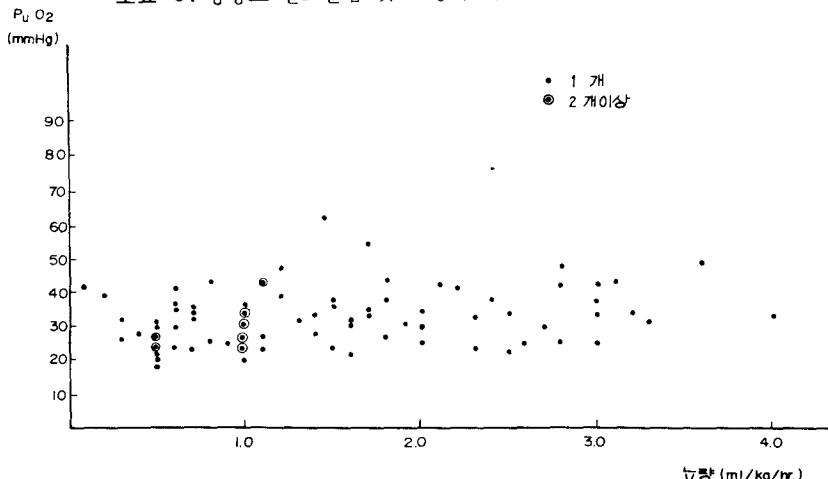
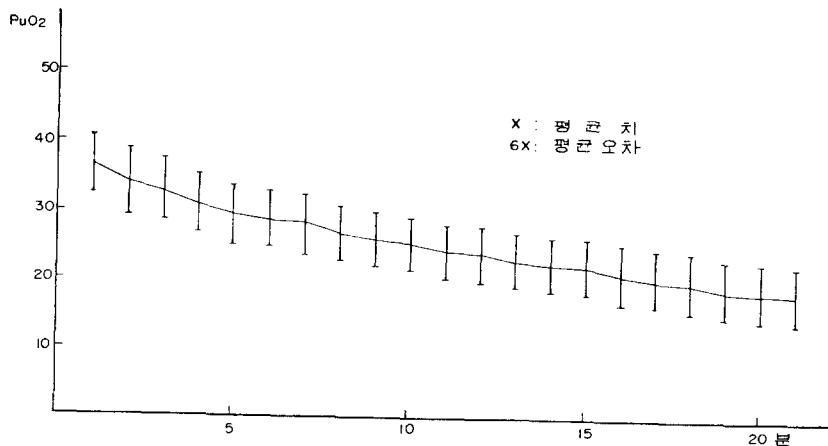


도표 4. 방광뇨 산소분압의 시간별 변화율 (N=16)



또한 직선크리방정식에 의해 추정된 정맥혈 산소분압에 대한 신뢰도 95%의 신뢰구간을 설정하였다(Table 1). 신뢰구간은 방광뇨산소분압이 30과 40 mmHg 사이인 경우에 회귀방정식 직선에 밀접하게 접근함을 알 수 있다.

$$Uyx^* = Y + b(X^* - \bar{X}) \pm t_{97.5} \cdot S_{yx} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X^* - \bar{X})^2}{\sum(X - \bar{X})^2}}$$

Uyx : 각 산소분압의 신뢰구간

Y : 혼합정맥혈의 산소분압

B : 방향계수 ($= 0.87887$)

X : 방광뇨의 산소분압

X^* : 방광뇨 산소분압의 산술평균

동맥혈의 산소분압은 흡입된 산소농도에 따라 많은 변화를 보였으며 이것은 방광뇨산소분압의 변화와는 순상관관계를 발견할 수 없었다. 또한 매시간의 뇨량과 방광뇨의 산소분압 사이에도 뚜렷한 상관관계를 발견할 수 없었다(도표 3).

한편 중환자실에 입원하였던 16례의 환자에서 무작위 방법으로 방광뇨를 채취하여 시간별 산소분압을 측정하였다.

뇨자체의 산소소모율은 개인에 따라 차이가 있지만 시간이 경과함에 따라 점차적으로 감소함을 관찰하였다(도표 4). 이들 도표에 의하면 채취당시의 산소분압에 비하여 1분후에는 90%, 2분후에는 85%, 3분후에는 80%, 4분후에는 75%, 5분후에는 약 70%의 감소된 산소분압을 관찰하였다. 이와같은 결과로 미루-

어 방광뇨의 산소분압의 측정은 뇨를 채취한 후 즉시 측정하는 것이 바람직하다고 본다.

IV. 고 안

1965년 Leonhardt, Landes 등은 여러가지 원인으로 “속”의 상태가 발생하였던 환자에서 방광뇨의 산소분압을 측정하였고 이중 출혈로 인하여 심한 “속” 상태에 놓인 2명의 환자에서 방광뇨의 산소분압이 각각 11 mmHg, 10 mmHg로 현저히 하강했음을 발견하였다. 이때 Norepinephrine을 투여하여 혈압을 크게 상승시켰으나 방광뇨의 산소분압은 증가되지 않았었다. 그러나 다시 혈액을 보충하여 혈압을 정상으로 상승시킨 결과 방광뇨의 산소분압은 30 torr, 33 torr로 각기 회복되었음을 관찰하였다. 또 수술중 심정지를 일으킨 환자에서도 방광뇨의 산소분압이 2.5 torr로 급격히 저하됨을 발견하였고 심근경색증이 발생하여 “속” 상태에 있었던 환자에서도 방광뇨의 산소분압이 13 torr로 하강되어 있음을 관찰하였다.^{2), 6), 11)}.

신장에서 생성된 뇨가 방광까지 운반되는 동안 뇨의 산소분압에 영향을 미치는 여러가지 요소중에는 세뇨관 주위에 있는 모세혈관의 산소분압¹²⁾, 신수질의 혈류⁹, 유두 및 신우의 점막의 산소분압 또는 수질조직의 산소분압, 신수질의 산소분압등 신장자체에서 일어나는 뇨와 주위 조직과의 산소교환과 일단 신우에 저류된 뇨가 계속하여 수뇨관을 지나 방광에 저장되는 동안 수뇨관 및 방광벽과의 기체교환 등이 있다¹⁰. 이상과 같은 여러가지 요소중에서 방광뇨의 산소분압에 결정적인 영향을 끼-

치는 인자는 뇨가 수뇨관 및 방광벽에 접촉하는 동안 이들 조직과 뇌사이에서 일어나는 산소교환일 것이다. 즉 수뇨관과 방광벽은 하나의 tonometer 역할을 하고 있다고 볼 수 있다. 1958년 Rennie 등은 개에서 한쪽 수뇨관을 결찰한 다음 반대측 신장가까이의 수뇨관상부에 작은 카테터를 삽입시킨 후 이들 카테터를 통해 링겔액을 서서히 주입하였고 이 수액이 수뇨관과 방광을 지나 요도로 배출되게 하여 이들 뇌의 산소분압을 측정하였고 뇌의 산소분압이 28 torr로 하강됨을 관찰하였다¹²⁾. 이것으로 보아 이들 수액이 수뇨관 및 방광벽을 통과하는 동안 산소교환이 일어나는 것으로 추측할 수 있겠다. 또한 이러한 현상은 방광에서 유출되는 뇨량이 분당 3 cc를 초과하지 않는 한, 약 90% 이상의 산소교환이 일어남을 관찰하였다.

또한 방광뇨의 산소분압에 영향을 미치는 요소에는 뇌자체에 의한 산소소모가 있다. 뇌중에는 산소를 소모시키는 물질이 함유되어 있으며 확실하지는 않으나 포도당, Creatinine, 뇌산, Vitamine C 등이 있으며 이러한 물질의 농도에 의하여 산소분압이 영향을 받을 수 있다고 하였다¹³⁾.

본 저자의 실험에서도 방광뇨의 채취후 5분후의 산소분압은 30% 이상 감소되어 있음을 관찰하였다. 따라서 채취된 뇌의 산소분압은 채취 즉시 측정하여야 하며 저자의 경우 가능한한 1분이내에 측정하였으며 시간이 경과한 경우엔 통계자료에서 제외하였다. 1958년 Rennie 등은 방광내에 저장되어 있는 뇌의 산소분압은 잘 유지가 되며 산소소모가 지연된다고 보고하였으나 이외에도 뇨가 방광내에 저장되어 있는 동안 방광벽과의 사이에 산소분압의 평행상태가 계속 유지되고 있기 때문이라고 생각된다. 한편 혼합정맥혈의 산소분압은 조직이나 기관으로 가는 산소의 양과 조직에서 소모되는 산소의 양에 의해서 결정될 것이다⁹⁾. 따라서 조직의 산소소모량이 크게 변동하지 않는 경우 혼합정맥혈의 산소분압은 조직으로 운반되는 산소의 양에 정비례한다고 볼 수 있으며, 그의 조직으로 가는 혈류량에도 관계가 있음을 알 수 있다. 1975년 Parr 등은 48개월이하의 선천성신장질환유아 139예를 대상으로 수술후 경과 및 치사율을 추적하였고 특히 정맥혈의 산소분압이 낮은 예에서 치사율이 높음을 발견하였다. 또한 이들은 심박출량이 적고, 정맥혈의 산소분압이 낮은 경우 특히 치사율이 높음을 발견하였다¹⁰⁾.

이와같이 혼합정맥혈의 산소분압은 전신적인 각 조직의 산소분압의 상황을 정확하게 반영한다고 볼 수가 있

다. 이 상을 종합하여 볼때 방광뇨의 산소분압이 수뇨관 및 방광벽 조직의 산소분압과 균형을 이루며 또 이들 조직의 산소분압 역시 혼합정맥혈의 산소분압에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다³⁾. 이와같은 이유로 혼합정맥혈과 방광뇨의 산소분압 사이에는 긴밀한 상관관계가 있음을 알 수 있다.

따라서 방광뇨의 산소분압을 관찰함으로써 혼합정맥혈의 산소분압을 간접적으로 추정할 수 있으며 한결 익숙나아가서 조직으로의 산소운반 상태도 알 수 있을 것이다. 그러나 실제에 있어서 방광뇨의 산소분압을 이렇게 단정하는 데는 몇가지 해결하여야 하는 문제점이 있다.

첫째는 뇌자체에 의한 산소소모가 발생함으로 조직의 산소분압을 정확히 반영하지 않는다는 점이다¹²⁾. 먼저 기술대로 개인에 따라 많은 차이가 있겠으나 뇌자체에 의한 산소소모는 뇌의 산소분압을 하강시키기 때문에 방광에서 채취한 뇨는 가능하면 즉시 산소분압을 측정하여야 하겠다.

둘째는 무슨 원인으로 저혈류상태가 발생하는 경우엔 신체 각 장기로 공급되는 혈류에 재조정이 일어나며 수뇨관 및 방광벽에 분포된 혈류는 타장기에 비해 상당한 감소를 나타내기 때문에 방광뇨의 산소분압이 전반적인 조직의 산소분압을 대표하지 않을 수 있다는 것이다.

1981년 Niinikoski 등은 체외순환과 같은 저체온 저관류하에서 수술을 시행한 환자에서는 혼합정맥혈과 조직의 산소분압 사이에 상당한 차이가 있는 것을 발견하였으며 이것은 앞으로 더욱 세밀한 연구가 있어야 할 것이다⁸⁾.

V. 결 론

1. 본 연세의대 흥부외과에서는 1981년 9월부터 12월까지 4개월동안 16례의 중환자에서 방광뇨와 혼합정맥혈의 산소분압을 비교 관찰하였다.

2. 16례의 환자에서 91회의 실험을 시행하였으며 방광뇨의 산소분압은 33.16 ± 3.87 mmHg 이었고, 혼합정맥혈의 산소분압은 평균 33.15 ± 3.87 mmHg로써 거의 동일하였다.

3. 이들 혼합정맥혈과 방광뇨의 산소분압과의 상관관계와 상관계수를 Computer (HP / 3,000, program: SPSS)를 이용하여 직선회귀방정식을 유도하였고 이들 양자는 78.9%의 순상관관계에 있으며 T-test에 있어서 $P < 0.0001$ 에서 의의가 있었다.

4, 중환자실에서 입원치료중인 16예의 환자를 무작위로 선정하여 84회의 방광뇨를 채취하여 시간별 산소분압을 측정하여 1분후엔 90%, 2분후엔 85%, 3분후엔 80%, 4분후엔 75%, 5분후엔 70%로 급속히 하강함을 관찰하였다.

이상의 성적으로 미루어 보아 방광뇨의 산소분압과 정맥혈의 산소분압은 밀접한 순상관관계에 있으며 이들 모두 조직의 산소분압을 대표한다고 할 수 있겠다.

그러나 뇌자체에는 산소를 소모시키는 물질이 포함되어 있기 때문에 채취 즉시 산소분압을 측정하여야 한다고 본다. 또한 여러가지 원인으로 수뇨관이나 방광벽의 혈류를 감소시키는 경우엔 방광뇨의 산소분압은 전반적인 조직의 산소분압을 나타내지 않을 수 있으며 이경우 많은 연구가 필요하다고 본다.

REFERENCES

1. Hong SK, Boylan JW, Tannenberg AM and Rahh H: *Total and partial gas tensions of human bladder urine*. J Appl Physiol 15:115, 1960.
2. Kazemi H, Klein RC, Turner FN and Strieder DJ: *Dynamics of oxygen transfer in the cerebrospinal fluid*. Respir Physiol 4:24-, 1968.
3. 김용진, 이영균: 동맥혈 및 뇌 PCO_2 , PO_2 의 산-염기균형 및 뇌량과의 관계 대한흉부외과학회지, 16:213, 1983.

4. Kirklin JK, and Kirklin JW: *Management of the cardiovascular subsystem after cardiac surgery*. Ann Thorac Surg 32:311, 1981.
5. Leonhardt KO and Landes PR: *Oxygen tension of the urine and renal structure*. N Engl J Med 269:115, 1963.
6. Leonhardt KO and Landes RR: *Urinary Oxygen Pressure in renal Parenchymal and vascular disease*. JAMA 194:345, 1965.
7. Maxwell TM, Lam RC, Fuchs R and Hunt TK: *Continuous monitoring of tissue gas tension and PH in hemorrhagic shock*. Am J Surg 126:249, 1973.
8. Niinikoski J, Laaksonen V, Metetoja O, Jalonen J, and Inberg MV: *Oxygen transport to tissue under normovolemic moderate and extreme hemodilution during coronary bypass operation*. Ann Thorac Surg 31:134, 1981.
9. Page PA and Toung T: *A new probe for measurement of muscle PO_2 and its use during cardiopulmonary bypass*. Surg Gynecol Obstet 141:549, 1975.
10. Parr GVS, Blackstone EH, Kirklin JW: *Cardiac performance and mortality early after intracardiac surgery in infants and young children*. Circulation 51:867, 1975.
11. Reich MP, Eiseman B: *Tissue oxygenation following resuscitation with crystalloid solution following experimental acute blood loss*. Surg 69:928-, 1971.
12. Rennie DW, Reeves RB and Pappenheimer JR: *Oxygen pressure in urine and its relation to intrarenal blood flow*. Am J Physiol 195:120, 1958.