

# 腎疾患における小児尿の酸素分圧 と腎機能との関係

## (第1報) 小児尿の酸素分圧と尿中 Na および K 濃度との関係

東京女子医科大学小児科学教室 (主任 磯田仙三郎教授)

東京女子医科大学第一生理学教室 (主任 箕島 高教授)

大学院学生 山 崎 香 栄 子  
ヤマザキ カネ子

(受付 昭和39年7月23日)

### I 緒 言

尿酸素分圧が腎循環ないし腎代謝と密接な関係をもっているであろうという予測はこれ迄の尿酸素分圧に関する報告<sup>1)~10)</sup>の中に見られているが、未だ充分な解明は得られていない。

この手掛りとして従来<sup>1)</sup>の報告から明らかにされている事の1つは、尿の酸素分圧は腎静脈のそれに比してはるかに低いという事実である<sup>2)4)11)12)</sup>。

一方、1958年 Rennie<sup>2)</sup>の実験によれば、尿酸素分圧は腎静脈酸素分圧より低いが、後者の変化は、尿酸素分圧の変化と無関係であるという事実が明らかになった。以上2つの事実から、尿酸素分圧は血液の酸素分圧の影響を受けているのではなく、腎循環動態および腎機能と結びついている事が予測されている。

1960年以後 Aukland<sup>10)13)14)</sup>の研究により、腎皮質より腎髄質へいくに従つて酸素分圧が低くなる事を見出している。腎内にこのような酸素分圧勾配の存する理由については対向流系<sup>15)</sup>、plasma-skimming mechanism<sup>16)</sup>によつて説明がなされているが、この低い髄質酸素分圧と平衡して

いる故に尿酸素分圧は低いとされている。

Aukland は尿酸素分圧決定の因子は腎機能の面から見れば、1)腎髄質血流量、2)腎髄質内酸素消費によつておりとしている。1)の仮説を実証するために腎髄質血流量と関係あると思われる種々の factor について実験したが、結果は一応否定的であつた<sup>4)</sup>。一方、細尿管の主なる仕事の腎 Na 再吸収量と酸素消費が正の相関を有することは多くの研究者によつて確められている<sup>17)~22)</sup>。故に Na 再吸収量と尿酸素分圧の関係は当然予想されるところであるが、これについては未だ Aukland 自身も研究を行なつていない。

本論文の目的は、臨床的に行なう尿酸素分圧測定法を検討する事、および腎疾患を主とする小児尿の酸素分圧と Na 再吸収量、および尿中 Na, K 濃度との関係を検討してみる事である。

### II 実験方法

#### 1) 対象

対象とした患者は都立墨東病院小児科、および本学附属病院小児科入院中の5才より13才迄の男女計45名である。その内訳は、尿酸素分圧測定法<sup>1)</sup>の検討に用いたも

**Kaeko YAMAZAKI** (Department of Pediatrics, Tokyo Women's Medical College): Relationship between urinary oxygen tension and renal function in children with renal disease. Report 1. Relationship between urinary oxygen tension and urinary concentration of sodium and potassium in children.

のは、先天性心疾患 3 名、急性糸球体腎炎 8 名、猩紅熱 2 名、原発性非定型性肺炎 2 名、ネフローゼ症候群、リウマチ熱、結核性髄膜炎、肺のう胞各 1 名。また腎機能と尿酸素分圧の関係の検討に用いたものは男児のみで急性糸球体腎炎 9 名、ネフローゼ症候群 4 名、紫斑病腎炎 2 名、腎盂腎炎 2 名、後天性心疾患 3 名、先天性心疾患 2 名、猩紅熱 3 名、感冒 1 名である。

## 2) 採尿法

食間時を選び、あらかじめ排尿させた後、水 200cc を与える。水飲用 30 分後に排尿させ、排尿終了時刻を正確に記録させる。約 15 分後に採血、血清を分離しクレアチニンクリアランス (Ccrea)、塩類測定用とする。排尿の約 30 分後に全排尿させ、1 部を流動パラフィン下に排尿させ酸素分圧測定用とし、残りを Ccrea、塩類測定用とする。同時に全排出尿量を正確に記録し、排尿終了時刻を記録する事により分時尿量を算出する。なお検査実施中は飲食を禁ずる。酸素分圧測定用の尿は直ちに注射器内に吸い上げ、空気を混ぜぬように注射針をゴム栓にさして閉じ、直ちに氷室内に入れて測定まで保存する。

尿採取時より測定までの時間はなるべく短いほうが望ましいのであるが、被検者とオキシグラフが同一の場所がないためサンプル運搬の時間、尿採取後の保存までの処置、恒温槽内への電極のセット、および安定迄の時間、gas の calibration、これらの時間は最小限必要であり、また膜が理想的に張れない場合、途中で膜に破れの生じた場合張り代えと安定までの時間は更に必要となる。本実験では採尿法の検討に用いた例数は本学附属病院に入院中の患児を選んだため 30 分以内の測定が可能であったが、腎機能との関係を追求した例は他病院から尿を運搬したものであり、また条件をできるだけ一定にするために測定までの時間を揃える必要があると考え、可能な時間より少し長めにとつてあり、殆んどが 2 時間前後である。途中で膜に穴があき測定し直して 7~8 時間となつた例も少数含まれている。測定直前まで尿は氷室内に入れておく。これは後に測定法の検討の項で述べるが、尿中の酸素消費物質による酸素消費をできるだけ少なくするためである。

## 3) 酸素分圧測定法

### a) 装置

全体の外観は Fig. 1 の如くである。装置は大別して恒温槽およびオキシグラフより成る。恒温槽はガラス製の水槽で、レギュレーター、トノメーター 3 組、電極および測定管を入れ、中の水は常に 37°C を保つようになっている。オキシグラフは養島一望月考案の島津 OX II 型を

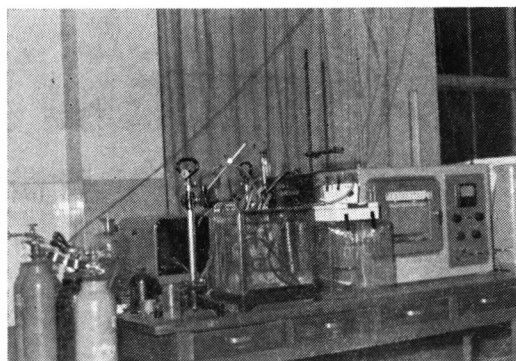


Fig. 1. instruments a thermomount and oxygraph-Shimadzu OXII

使用した<sup>23)</sup>。本装置では酸素濃度の変化を連続記録できる。記録紙の速度は毎分 1 cm で行なつた。また本装置は電極の安定性を向上するために白金電極に電圧を交互に正負とする交番法を用いるのが本来であるが、尿酸素分圧測定の場合は 10~50 mmHg の比較的低い値を測定するために感度を上げる必要がある。したがって交番法を用いると負電圧を印加した際の過渡電流が大で、ペンの作動速度より見て誤差が大である。そこで印加電圧を一定の負電圧 0.6V を用いた。

### b) 電極

Gleichman & Lübers<sup>24)</sup> の使用した白金電極を第 1 生理学教室において改良を加えたものを用いた。Fig. 2 に示す如き構造で測定管、外筒、内筒、電極より成り、すべてガラス製である。電極部分は図に示した如く径 60 $\mu$  の白金線 15~18 本をガラス筒に埋め込んだ陰極、および銀-塩化銀電極から成っている。この電極面は常に研磨する必要がある。

膜は厚さ 20 $\mu$  のポリエチレン膜 1.5cm  $\times$  1.5cm を用いた。中性洗剤を用いて十分に油脂を落とし、蒸留水を満した内筒に被せて固定し、内筒の溝に糸をかけてしぼる。周囲に固型パラフィンを溶かして塗り外筒を被せる。内筒と外筒の間は水、電解液が入り、電流の漏れがないようにすり合わせになっているが、なおパラフィンなどで密にして電気的絶縁を充分にする必要がある。次に内筒および外筒をネジにより固定する。先に入れてあつた内筒内の蒸留水を捨て、支持塩溶液として 2.5M KCl + 0.8M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を入れ、電極を挿入し、内筒をネジで連結固定する。次に外筒の周囲にワセリンを塗り測定管にはめ込む。

### c) トノメーター

リングル液に 3 種の既知酸素濃度をもつた酸素窒素混

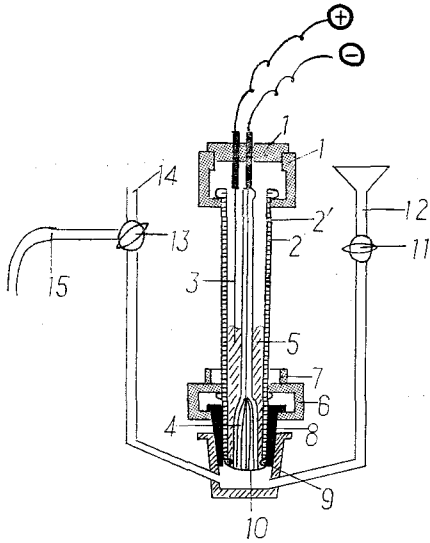


Fig. 2. electrode equipment

- 1 screw to fix electrode
- 2 glass tube
- 2' inlet for supporting solution
- 3 Ag-AgCl electrode
- 4 cathode
- 5 supporting solution
- 6 screw for external tube
- 7 screw for internal tube
- 8 external tube
- 9 groove for thread
- 10 polyethylene membrane
- 11 two-way cock
- 12 measuring syringe
- 13 three-way cock
- 14 measuring syringe inlet for gas
- 15 measuring syringe exit for solution

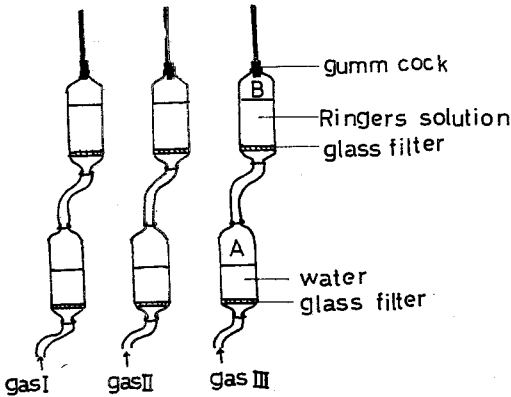


Fig. 3. tonometer

合分圧既知の溶液を作り、較正直線の測定に用いるためにトノメーターを用いた。トノメーターは Fig. 3 に示す如くて、1 種類のガスにつき 1 組ずつ計 8 組恒温槽内にとりつけてある。1 組のトノメーターはガラスフィルターつきガラス管 2 個より成り、ガスは最初蒸留水を入れたガラス管を細い気泡となつて通過し、その後その温度における蒸気圧で飽和させた後、リンガー液の入ったガラス管中を細い気泡となつて更に通過する。Staub<sup>25)</sup>によるとこの方法では平衡時間は 10 分で完了するというが、本実験では通気 30~40 分後に使用した。

d) 較正直線および算出法

メーカーによつて測定せる酸素分圧既知の酸素窒素混合ガス、およびそれぞれのガスで飽和したリンガー氏液を用いる。ガスは尿酸素分圧に近似した既知の酸素濃度約 5%, 10%, 15% の酸素と窒素の混合ガスを用いた。ガスを恒温槽中の測定管に通じ、オキシグラフに 2 分間記録した点をプロットすると Fig. 4 のように原点を通る直線となる。次にガス測定の後それぞれの溶液の測定をする。Fig. 5 に示した注入器に、トノメーター A 中のリンゲル液を吸い上げ、測定管口の部に注入器のゴムを密着させ空気に触れぬようにして流し入れ、括栓を閉

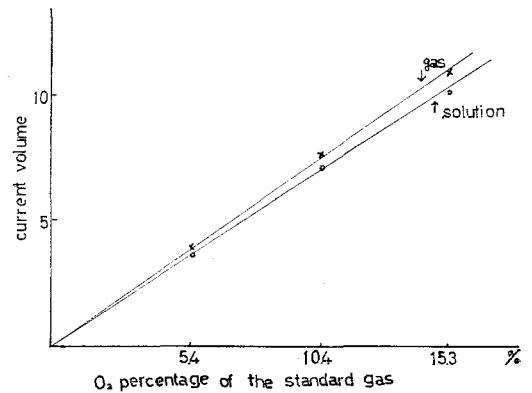


Fig. 4. calibration curve of gas mixture and Ringer solution

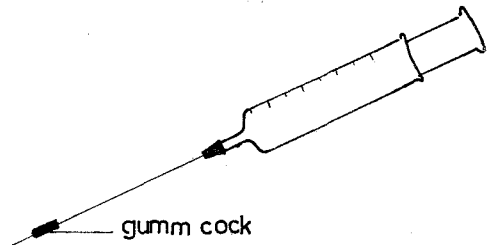


Fig. 5. liquid injector

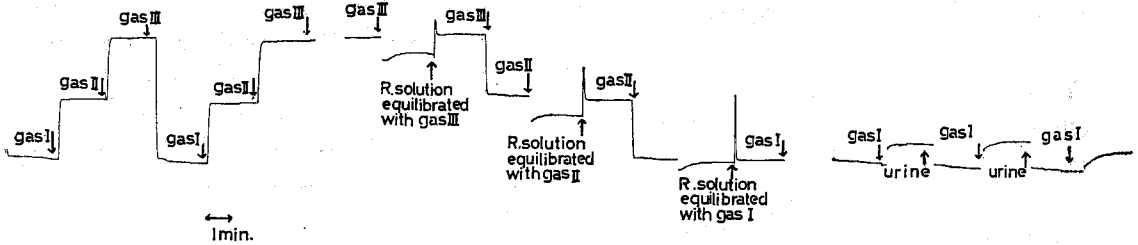


Fig. 6. calibration and measurement of urinary oxygen tension

じ、直ちにオキシグラフに記録させる。その1例をFig. 6に示す。溶液中では気体中より O<sub>2</sub> の拡散速度が遅いため、溶液の較正直線は Fig. 4 の如く気体の較正直線の下方にある直線となる。

次に溶液より比較的容易に行なう事のできるガスによる較正から、電極感度の時間的変動を補正するために電極の補正係数 (correction factor) を求める。

すなわち

$$f = \frac{s}{g}$$

- f : 補正係数
- s : 溶液の読み
- g : ガスの読み

f をそれぞれの gas について2回ずつ求め、その平均値 f<sub>m</sub> を実験開始前に得ておく。

サンプルは calibration の場合と同様に近似のガスとガスの間で測定を行ない、この時の gas の電流値より後述の如き較正直線の補正を行ない、精度の高い分圧値を求めた。なお尿を測定した後は中性洗剤液で膜および測定管を洗い流す。

尿酸素分圧算出法

測定に用いた gas の vol %より分圧に換算すると  $gPO_2 = \frac{P_b - P_w}{100} \times \text{vol} (\%) \dots\dots\dots (1)$

gPO<sub>2</sub> : ガス酸素分圧

P<sub>b</sub> : 大気圧

P<sub>w</sub> : 蒸気圧

となる。

したがって尿酸素分圧は次式より求められる。

$$UPO_2 = \frac{gPO_2 \times U}{g \times f_m} \dots\dots\dots (2)$$

UPO<sub>2</sub> : 尿酸素分圧

gPO<sub>2</sub> : 測定に使用した gas の酸素分圧、(1)より求められる。

U : 尿測定時の電流値。

g : 2回の gas 測定時の電流平均値。

f<sub>m</sub> : 補正係数

4) クレアチニンクリアランス (Ccrea) 測定法

採尿方法については上述した。測定法は Jaffe 氏定量法による。

5) 血清および尿中 Na, K 測定法

炎光分光光度分析による。

III 実験成績

1) 尿酸素分圧測定法の検討

a) 採尿方法の検討

採尿方法によつて尿酸素分圧にいかなる差を生ずるかを知るために、外気との接触を絶つて採尿する方法、すなわちカテーテル採尿あるいは男児の場合はそれに準じ尿道口を流動パラフィン内におき排尿せしめる方法と、或る程度空気と接触のある自然排尿の2つの方法を同時の排尿で比較した。

自然排尿は、空気との接触を最小限に止めるためなるべく流動パラフィンの直上で排尿させ、直ちに置換せしめるようにした。

実験結果は Tab. 1. に示す如くで、12例中1例を除き自然排尿の方が外気に触れない採尿法よ

Tab. 1. comparison of collecting techniques of urine

No.	sex	① anaerobic technique	② aerobic technique	$\frac{②-①}{①} \times 100$
1	♀	45.0mmHg	64.0mmHg	42.2%
2	♀	50.2	64.4	28.1
3	♀	32.3	42.7	32.2
4	♀	11.3	8.8	-22.4
5	♀	39.2	47.6	21.4
6	♀	56.0	60.5	8.1
7	♀	53.5	71.8	33.2
8	♀	52.5	71.9	32.6
9	♀	27.3	28.9	5.9
10	♂	37.7	40.2	6.6
11	♀	50.3	63.0	25.0
12	♀	56.9	68.0	19.4
				m = 19.3%

り平均 19.3% (6.6~42.2%) の高値を示している。

b) 保存法の検討

尿酸素分圧は体外においては尿中酸素消費物質の存在によつて消費されると考えられている。それ故なるべく排尿後直ちに測定する事が望ましいが、測定装置調節上の問題、また測定場所および病室の離れている場合はどうしても時間をおかなければならない。その間をいかなる方法で保存する事が変化を少なくできるか、またどのくらいの時間にどのくらいの消費が起こるかを予め知っておく必要があるため、温度、保存方法の2つに分けて検討した。

Tab. 2. comparison of preservation methods  
1. under liquid paraffin in room

No.	immediatly after urination	after 24 hrs	percentage of O <sub>2</sub> decrease
1	35.9mmHg	22.0mmHg	38.9%
2	39.8	28.4	28.1
3	98.0	50.3	49.2
4	52.4	32.4	38.5
5	66.2	22.5	65.7
			m=44.1%

2. under liquid paraffin in ice box

No.	immediatly after urination	after 24 hrs	percentage of O <sub>2</sub> increase
1	50.2	65.0	33.0%
2	64.4	100.6	54.3
3	45.2	115.5	15.6
4	36.2	113.3	21.3
			m=31.1%

3. stored in a syringe in ice box

No.	immediatly after urination	after 24 hrs	percentage of O <sub>2</sub> decrease
1	45.0mmHg	36.5	18.9%
2	32.3	12.8	6.0
3	11.3	11.3	0
4	39.2	36.8	6.4
5	56.0	32.1	42.6
6	53.5	5.4	90.0
7	52.5	11.3	78.0
			m=34.6%

結果は Tab. 2. に示した如くで、まず室温に保存すると24時間後に尿酸素分圧は採尿直後のものより平均44.1% (28~65%) も減少する。

次に室温保存と同様に、流動パラフィン下におき氷室内で酸素消費を抑えるようにしたところ、24時間後には採尿直後より酸素分圧が平均31.1% (15.6~54.3%) 増加していた。

次に氷室内、注射器内密閉保存にしたところ酸素分圧は24時間後には平均34.6% (0~90.0%) 減少した。

次に健常者1名を選び、採尿後1部は注射器内氷室保存、1部は注射器内室温保存にして3時間後まで時間毎に酸素分圧を測定した。

結果は Fig. 1. に示した如くで、両方共1時間以内の酸素消費が急である。また氷室内でも酸素消費を完全に防ぐ事はできない。しかし氷室内の方が程度を少なくできる。

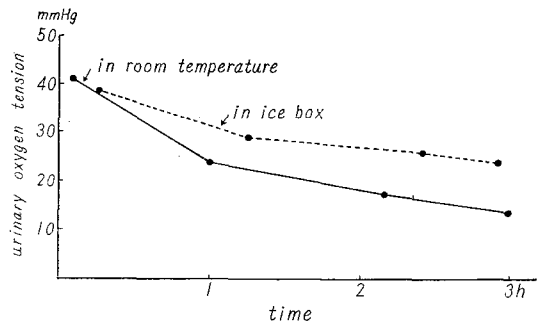


Fig. 7. comparison of urinary O<sub>2</sub> consumption under two different conditions

以上の予備実験の結果については、考按で後述するが、これ以後の実験では採尿方法は空気と接触させない方法をとるため全て男児を選び、流動パラフィン下に排尿させ、空気中の酸素の拡散をなるべく避けるため注射器内保存とし、酸素消費をなるべく減らすため測定まで氷室内保存の方法をとつたのが以下の実験成績である。

2) 尿量と尿酸素分圧

先に述べた方法により約30分以内膀胱貯溜のある尿について酸素分圧と尿量 (ml/min) の関係を見た。Fig. 8. に示した如く、条件を一定の水利尿としてあるために尿量は 0~7 ml/min の比

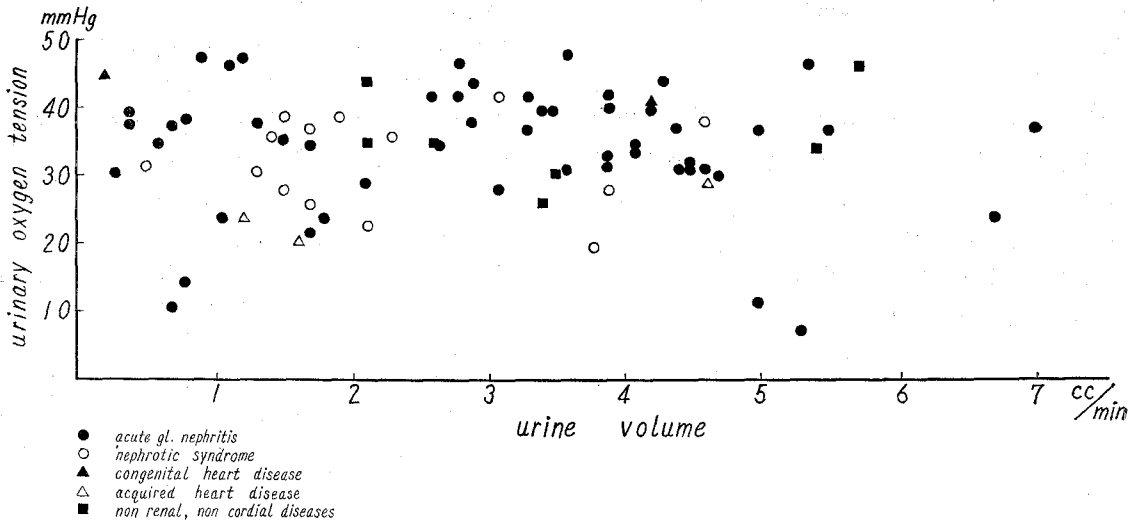


Fig. 8. relation between urinary volume and urinary oxygen tension

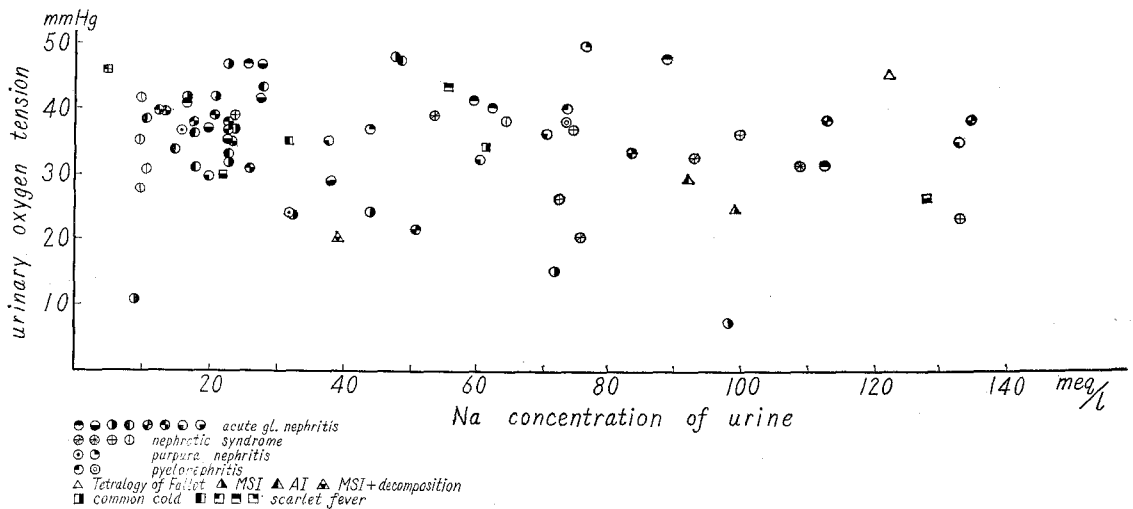


Fig. 9. relation between Na concentration of urine and urinary oxygen tension

較的一定範囲に亘っているが、この間では少なくとも両者の相関関係は認められない。これらの例数中には同一患者を何回か重複してとつてあるため、個人別あるいは疾患別にみて一定の傾向があるかを検討したが、なんら相関は認められないようである。

3) 尿中塩類と尿酸素分圧

a) 尿中 Na 濃度との関係

Na 排泄量と尿酸素分圧との関係を知るために、尿酸素分圧を測定せる尿で同時に Na 濃度

を測定した。Fig. 9. に見る如く、Na は 5~135 meq/l の範囲に亘っている。10~30meq/l 付近では尿酸素分圧は比較的一定の値を示しているが、それ以上の濃度では酸素分圧はばらつきが多く、尿中 Na 濃度とは一定の関係は見出されないようである。これも個体差を除くため同一個人のくり返しについて見ると無関係である事がはつきりして来た。

b) 尿中K濃度との関係

Na の場合と同様に尿酸素分圧と K濃度の関係

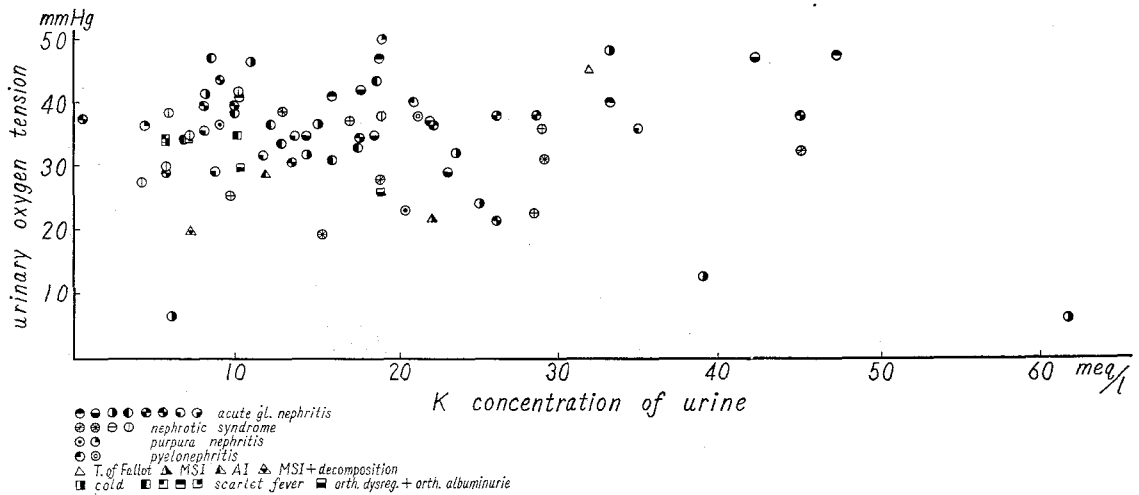


Fig. 10. relation between K concentration of urinary and urine oxygen tension

を見た。Fig. 10により 0~60meq/l の範囲では尿酸素分圧は尿K濃度とは全く無関係である。また個人別に見ても1例も特定の傾向は見出されなかった。

#### c) 尿中 Na+K 濃度との関係

尿に含まれる陽イオンの大部分を占め、尿浸透圧に最も関係があると思われる尿中 Na および K の和について尿酸素分圧との関係を見た。Fig. 11より濃度は0~200meq/l の範囲に亘って存在するが、尿酸素分圧と特に一定の関係があるように思われぬ。ただ全症例の過半数39例が 50meq/l 以下の範囲にあり、この範囲内で尿酸素分圧25mmHg 以下を示すものは僅か2例であつた事、また 100 meq/l 以上の14例中40mmHg 台の値を示すものは1例のみである事より、一つの傾向は見出せるように思う。同一人で繰返して測定し得た9例について検討してみると、いくらかの例外を除いては尿中 Na+K が非常に大となる方が尿酸素分圧が低いという傾向の認められるもの4例、Na +K が常に低い一定の狭い範囲内にあるため判定できないもの3例、逆の関係のもの2例であつた。

#### 4) Na 再吸収量と尿酸素分圧

理論的には Na 再吸収量は次式で与えられるはずである

$$\text{Na reab} = P_{\text{Na}} \times \text{GFR} - U_{\text{Na}} \times V \dots \dots \dots (3)$$

Na reab : Na 再吸収量

$P_{\text{Na}}$  : 血漿中 Na 濃度

$U_{\text{Na}}$  : 尿中 Na 濃度

V : 1 分間尿量

GFR : 糸球体濾過量

以上の計算式によつて Na 再吸収量と尿酸素分圧の関係を Fig. 12 に示した。たゞし本実験では便宜上 GFR としてクレアチンクリアランスを用いた。Na 再吸収量は約 50~900mg/min の範囲にあり、尿酸素分圧はこれに対して一定の傾向をもたない、個人別についてみると9例中3例が大体正の相関、2例が負の相関、4例が不定であつた。

## IV 考 按

### 1) 測定法

排尿に際し空気と接触する時間はその時の尿量にもよるが極めて短いものである。

しかし、自然排尿と流動パラフィン内排尿との酸素分圧の差は、空気と尿の酸素分圧差が大なるために極めて僅かの酸素の拡散にも影響を受ける。したがつて酸素分圧測定にあつては採尿に細心の注意が払われなければならない事を示している。

Tab. 2 から明らかなように、流動パラフィン

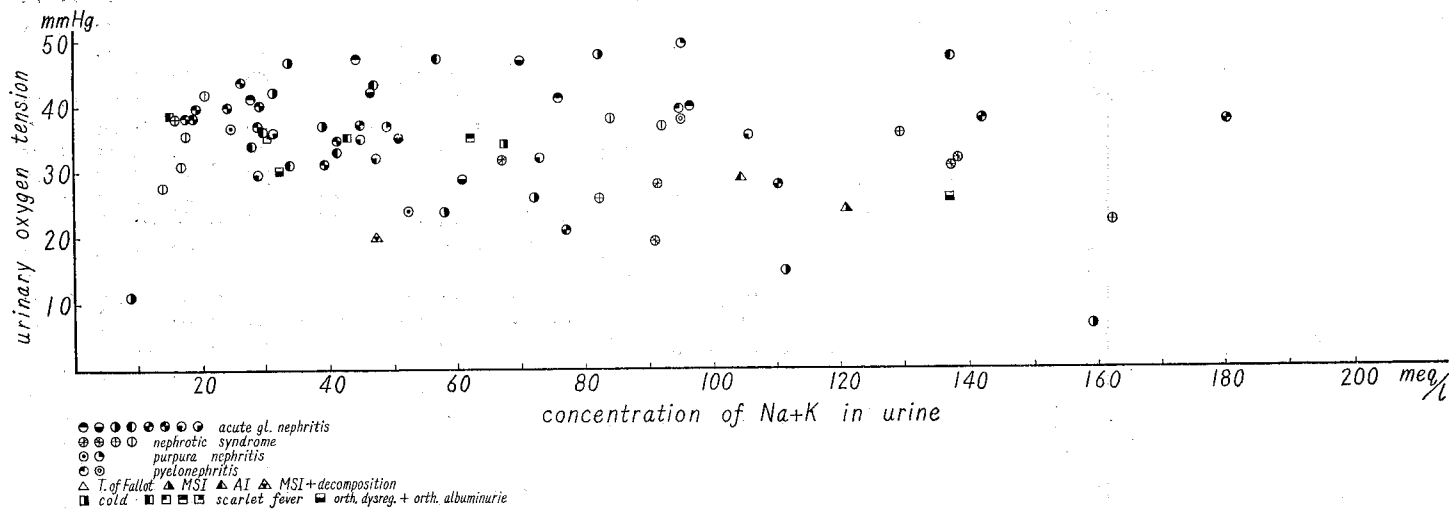


Fig. 11. relation between Na+K concentration in urine and urinary oxygen tension

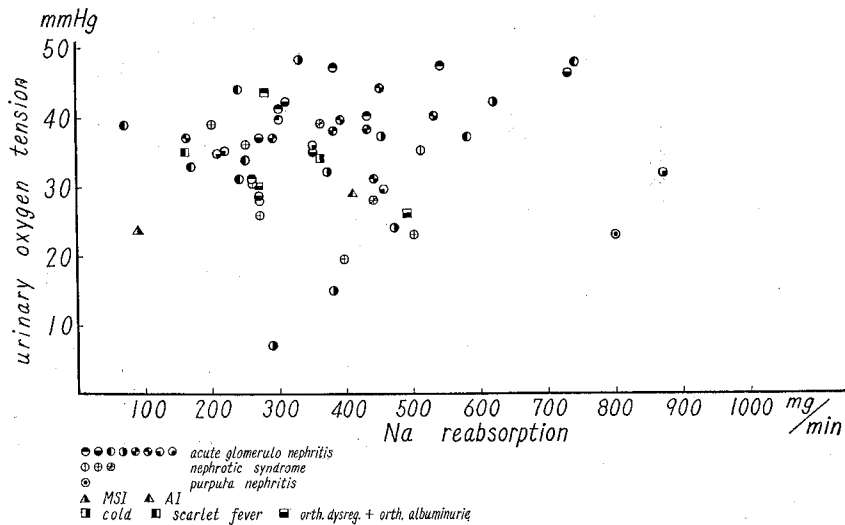


Fig. 12. relation between Na reabsorption and urinary oxygen tension



下保存法は採尿後の時間経過に伴って空気による影響を避けられない事を示している。氷室内保存、室温保存の場合は尿自身の酸素消費の大なるために、空気中の酸素の拡散は見掛け上押えられたように見えるが、氷室内におき酸素消費を押えてみても流動パラフィン保存法は空気による影響を避けられない事を示している。

尿は腎を出て腎盂および輸尿管を通つて膀胱に至り、一定時間貯溜して採尿される。この過程における酸素授受の問題は尿の流速および膀胱内貯溜時間によつて大いに異ると考えられる。この量の問題は採尿条件を一定にする事で一応除外する事ができる。

次に尿自体が酸素を消費する事実は古くから知られているが<sup>1)26)27)28)</sup>、その値は尿の成分、比重との関係、濃縮希釈条件、外界の条件によりそれぞれの尿で大きく異つてはらずである。

本実験で示した如く、健常者1例では採尿後5分の尿で41mmHgの尿が2時間以後では15mmHg減少している。この実験では酸素分圧測定時間は排尿後約2時間後にとつたが、それは急激に減少し恒常状態になつたときの値を測定しようとしたものである。これはこの例から推定して少なくとも36%の採尿時酸素分圧からのへだたりを予想しなければならない。腎機能に直結した尿酸素分圧を得ることは以上の点から考えて非常にむづかしいが、今後考えられる対策としては、尿自体の酸素消費をできる限り少なくする事で、完全に阻止する事は可能か否か不明であるが、凍結、その他の手段で酸素消費を阻止する事、次には排尿時の酸素分圧と酸素分圧測定までの時間からの関係式を導く事であるが、これは恐らく時間だけの函数ではないと思われるので実際には困難である。Fig. 7からも明らかであるように、排尿直後には速やかに消費され、その後一定になるから排尿後30分あるいは15分以内に測定が可能であれば体外での消費を考慮しなくても相対的に十分な値が得られると思う。それには測定装置を被検者の近辺に設置し、常に測定可能のように準備した上で被検者を一定の条件のもとに排尿せしめる事が必要である。しかし実際これだけの手数をかける

事が測定上必要であるかどうか、本実験では実用上を考慮して酸素分圧がこれらの誤差を上廻る臨床的意義を示すか否かにつき実験を行なつた。

## 2) 尿量

膀胱尿を採取した場合には、1) 細尿管を出た所での酸素分圧、2) 腎乳頭、腎盂尿管、膀胱を通過していく間の酸素のやりとり、3) 測定までの酸素消費の3因子の総合された結果を測定するものと考えなければならない。上述の理由により、3) は除外して考える事にするが、1)の因子で尿酸素分圧が腎髓質の酸素分圧と平衡している事は知られている通りで、尿量小なる程この平衡状態は達成される事になる。

一方、腎内酸素勾配すなわち皮質から乳頭方向に酸素分圧が低下している事実も実証されている<sup>7)10)13)14)</sup>。したがつて1)について考えると尿量大なるときは平衡に達する以前に高い酸素分圧で排泄される事が考えられる。一方腎内における酸素消費は濾過量と正比例関係をもっているためこの二者の程度のかね合ひで、1)の部の酸素分圧は決定される。

次に尿路における酸素分圧のやりとりの問題であるが、尿量が多く、したがつて流速の大なるときは周囲組織酸素分圧と平衡に達する間なく排泄される。Leonhardt & Landes<sup>7)</sup>によれば、尿路組織の酸素分圧も下行するに従つて低下しているという。したがつて同じ酸素分圧で腎を出た尿では、尿量大なる場合には高い腎酸素分圧に近接した値が得られる事になる。以上の点から考えて、尿流速大なるときは酸素分圧は高い事が当然予想される。文献的には Hong ら<sup>12)</sup>は尿量と酸素分圧の関係を検討し、尿量の増加と共に6 ml/minまで酸素分圧は増加し、それ以上で一定になると報告している。したがつて6 ml/min以上の尿につき尿酸素分圧を測定しなければならないとしている。

本実験ではこの規制条件では0~7 ml/min範囲に亘るものしか得られないが、この範囲内では尿量と酸素分圧の間になんら相関は見られなかつた。個体別疾患別による条件を除いてもやはり同じであつた。この理由としては前述の3)の因子の

大きい事、2) の因子の影響の少ない事、腎疾患児を扱っているため異常腎血流量の種々の段階を扱っている事に帰因していると推定される。

### 3) Na 再吸収および尿中塩類

Aukland<sup>14)</sup> は犬において腎血流量と尿酸素分圧は直接関係のない事を示し、尿酸素分圧の決定には細尿管での Na 再吸収による髄質の酸素消費を提起した。

一方 Lassen ら<sup>17)</sup> は犬に出血を起こさせ血圧を下げる事によつて尿細管の Na 再吸収量減じた時、酸素消費も比例して低下する事を報じ、また Thurau<sup>21)</sup> は低酸素血症にした時に同時に Na 再吸収も低下する事を見た。Deetjen & Kramer<sup>20)</sup> は種々の利尿剤を犬に与えて Na の再吸収を低下させた場合腎酸素消費量もそれに比例して低下する事を述べた。藤本<sup>22)</sup> も犬腎の酸素消費量と Na 再吸収の間に直線関係がある事を認めた。

本実験での結果によると、Na 再吸収量は尿酸素分圧と直接の関係はない。しかし本文中の Na 再吸収量は理論的に計算式4)によつて算出されたものであり、GFR もクレアチニンクリアランスによつて近似的に表したものであるところにくらば問題があるかも知れない。

文献による酸素消費自体が Na 再吸収と直線関係にあつたという結果と、膀胱尿酸素分圧測定が Na 再吸収量とは無関係であるという本実験結果の両方が同時に正しいとすると、尿酸素分圧決定には酸素消費を上廻る髄質循環が大きな役割を占めている事を思わせる。

尿中 Na および K 濃度それぞれと酸素分圧は無関係であつたが、尿中電解質排泄量は常に変化するものであるため、これが腎における仕事を表わす事にはならない。Na+K は尿浸透圧に関係する因子と考えられている<sup>29)</sup>、Na+K と尿酸素分圧との関係は、結果に示した如く逆の相関の傾向にあるが、はつきりしたものではない。浸透圧との関係から再び検討する必要がある。Leonhardt & Landes<sup>7)</sup> および草地<sup>10)</sup> の実験によれば dehydration の強い程分圧は低く、hydration の度合の強い程分圧は高いという結果が得られる。これは一般的には最終尿では比重あるいは浸透圧の

高いものは酸素分圧が低く、比重あるいは浸透圧の低いものは高い酸素分圧が得られるであろうと予想され、本実験の結果と一致するであろうと考えられる。しかし腎の濃縮能を表わすには尿量を考慮に入れた osmolar clearance を用いる事が必要である。血液の浸透圧は大體一定であるため尿浸透圧のみで充分であるという考えもあるが、条件を一定にしても尿量は異なり、特に小児の各年齢段階、また疾患のある者を扱う場合には濃縮能は尿の浸透圧のみでは不充分であると思われる。

## IV 総括

入院患児につき尿酸素分圧測定を中心としてその測定法、および水利尿条件下での尿酸素分圧と同時に測定せる尿量、電解質濃度、Na 再吸収量との関係につき検討した。

1) 採尿方法および保存法について検討した結果、尿酸素分圧値には排尿中の短時間であつても空気と接触すればその影響が避けられない。パラフィン下保存は時間と共に空气中酸素の影響を受ける。注射筒内密閉下の氷室内保存は尿中酸素消費物質による酸素分圧減少を押える事はできる。但し完全ではない。

2) 1 分間尿量と尿酸素分圧については尿量 0~7 cc/min の範囲では一定の傾向は見出せなかつた。

3) 尿中 Na 濃度と尿酸素分圧では一定の関係は見出せなかつた。

4) 尿中 K 濃度と尿酸素分圧では一定の関係は見出せなかつた。

5) 尿中 Na+K 濃度では尿酸素分圧との間に、特に一定の関係は見出せないが、逆相関の傾向にあるようである。

終りに臨み終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました恩師磯田教授、籾島教授、草地助教授に深謝致します。また被検者を提供して頂き、種々御教示を賜りました篠塚講師に深謝致します。

## 文 献

- 1) Reeves, R.B., D.W. Rennie and J.R. Pappenheimer: Fed Proc 16 693 (1957)
- 2) Rennie, D.W., R.B. Reeves and J.R. Pappenheimer: Amer J Physiol 195 120(1958)

- 3) **Hong, S.K., J.W. Boylan, A.M. Taunenberg and H.Rahn** : J Appl Physiol 15 115 (1960)
- 4) **Aukland, K. and J. Krog** : Acta Physiol Scand 55 362 (1962)
- 5) **Aukland, K.** : Acta Physiol Scand 55 362 (1962)
- 6) **Fritjofsson, A., L.E. Gelin, C.G. Helander, S.E. Lindell and B. Zederfeldt** : Acta Chir Scand 123 451 (1962)
- 7) **Leonhardt, K.O. and R.R. Landes** : New England J Med 269 115 (1963)
- 8) 伊村和子 : 東女医大誌 33 155 (1963)
- 9) 伊村和子 : 東女医大誌 33 366 (1963)
- 10) 草地良作 : 東女医大誌 34 191 (1964)
- 11) **Sarre, H.** : Pfügers Arch ges Physiol 239 377 (1938)
- 12) **Hong, S.K. and H. Rahn** : Fed Proc 16 61 (1957)
- 13) **Aukland, K.** : Nature 188 671 (1960)
- 14) **Aukland, K.** : Acta Physiol Scand 56 315 (1962)
- 15) **Ullrich, K.J., K. Kramer and J.W. Boylan** : Progress in vascular disease 3 395 (1961)
- 16) **Pappenheimer, J.R. and J.W. Boylan** : Amer J Physiol 185 377 (1956)
- 17) **Lassen, N.A., O. Munck and J.H. Thyssen** : Acta Physiol Scand 51 371 (1961)
- 18) **Bálient, P. und I. Forgacs** : Pfüger Arch Ges Physiol 277 558 (1963)
- 19) **Kill, F., K. Aukland and H.E. Refsum** : J Physiol 168 158 (1963)
- 20) **Kramer, K. und P. Deetjen** : Pfüger Arch Ges Physiol 271 782 (1960)
- 21) **Thurau, K.** : Proc Soc Exp Biol Med 106 714 (1961)
- 22) 藤本 守・吉村寿人 : 診療 16 1740 (1963)
- 23) 養島 高 : 医学エレクトロニクス. 南山堂 (昭31) 269頁
- 24) **Gleichman, U. und D.W. Lübbers** : Pfüger Arch Ges Physiol 271 431 (1960)
- 25) **Staub, N.C.** : J Appl Physiol 15 963(1960)
- 26) **Berthlot, M.** : Compt rend Acad Sc CXX XI 547 (1900) 1)より引用
- 27) **Krogh, A.** : Respiratory exchange of animals and man Longmas, London (1916) 1)より引用
- 28) **Campbell, J.A.** : Physiol Rev 11 1 (1931)
- 29) 山崎香栄子 : 本誌発表予定