

# 체질에 따른 산·염기평형과 전기자극에 의한 맥박수 및 체액 전해질의 변동에 관한 실험적 고찰

조봉관\* · 배종일\* · 고병희\*\* · 齋藤正男\*\*\*

= Abstract =

## Experimental Study of Acid-Base Balance and Variations of Heart Rate, Fluid and Electrolyte by Electrical Stimulation according to the Physical Constitutions

Bong-Kwan Jo\*, Jong-Il Bae\*, Byung-Hee Ko\*\*, and Masao Saito\*\*\*

To investigate the relations between the physical constitutions, the acid-base balance, and the autonomic nervous function, the blood gas, the heart rate and the concentrations of Na, K of serum were measured pre-and poststimulation.

As the result, it is shown that in the normal condition the macro-negative(strong liver-weak lung type) is the metabolic alkalosis, the macro-positive(strong lung-weak liver type) is the metabolic acidosis, the micro-negative(strong kidney-weak spleen type) is the alkalosis and the micro-positive(strong spleen-weak kidney type) is the acidosis.

And the macro-positive and micro-positive are the sympathetic lead, the macro-negative and micro-negative are the parasympathetic lead. In the macro-positive and micro-positive subjects, the concentration of K in serum is relatively high. This si coincided with the acidosis. But in the macro-negative and micro-negative subjects, the concentration of K in serum is relatively low. This is coincided with the alkalosis.

### 1. 서 론

四象體質은 장기 가운데 간, 신장, 비장, 그리고

폐의 기능의 상대적 우열에 의해서 肝大肺小型의 太陰人, 肺大肝小型의 太陽人, 腎大脾小型의 少陰人 그리고 脾大腎小型의 少陽人의 네가지로 분류된다[1]. 그 중에서 폐와 신장은 체내의 산·염기 평형의 조절기구로서 대상작용을 한다.

그리고 체질의 특성은 자율신경계 및 내분비계와 깊은 관계를 갖고 있다. 西條[2]는 동일한 실험군에 대하여 교감신경차단제와 부교감신경차단제를 각각 투여한 후의 맥박수 변동의 성적과 극문경혈의 침자극에 의한 맥박수 변동의 성적을 비교하였다. 그 결과 침자극에 의한 맥박수 감소 반응이 4가지 형태로 분류되며 이 분류는 개인차에 기인한다고 하였다. 西澤[3]은 타액의 분비를 자극하는

<접수 : 1993년 7월 1일>

\* 부산공업대학교 전기공학과

\* Dept. of Electrical Eng., Pusan National Univ. of Tech., Pusan, Korea

\*\* 경희대학교 한의과대학

\*\* Dept. of Constitutional Med., Coll. of Oriental Med., KyungHee Univ., Seoul, Korea

\*\*\* 東京大學醫學部醫用電子研究施設

\*\*\* Insti. of Med. Electronics, Fac. of Med., Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan

표 1 체질별 실험군의 혈액개스의 성적

Table 1 Records of the blood gas in physical constitutional subjects

	Macro-negative (n=3)	Micro-negative (n=3)	Micro-positive (n=3)	Macro-positive (n=3)
pH	7.442±0.001*1 7.433~7.447*2	7.437±0.001 7.432~7.439	7.399±0.011 7.407~7.383	7.369±0.023 7.353~7.401
PaCO <sub>2</sub> , mmHg	44.2±0.4 43.9~44.8	42.3±0.7 41.8~43.3	42.0±0.4 41.5~42.3	42.2±2.2 40.6~45.3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mEq/L	30.1±0.6 29.2~30.5	28.7±0.2 28.5~29.0	25.9±1.3 24.1~26.8	24.7±2.9 22.7~28.8
BE, mEq/L	+5.9±0.3 +5.5~+6.2	+4.2±0.2 +4.1~+4.5	+0.9±1.4 -1.1~+1.9	-0.7±3.3 -3.1~+4.0

\*1 : means ±SD

\*2 : range

약제를 주사하여 타액 중의 Na농도와 K농도를 측정하여, Na/K의 고치군은 임상상 고감신경우위형, 저치군은 부교감신경우위형이라고 분류하였다.

본 논문에서는 체질별 실험군에 대하여 무부하시의 혈액개스를 측정하여 四象體質과 산·염기평형과의 관계를 고찰하였다. 또한 극문의 전기자극 전후의 맥박수, 혈청Na농도 및 혈청 K농도를 측정하여 체질과 자율신경계와의 관계를 고찰하였다.

산·염기평형의 조절은 완충계, 폐, 신장의 종합적인 작용에 의해 행하여지고 있다. 정상시의 혈액개스의 성적은 혈장pH 7.35~7.45, 혈장이산화탄소분압(PaCO<sub>2</sub>) 35~45mmHg, 혈장중탄산농도(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 22~26mEq/L, 세포외액의 염기과잉(Base Excess of Extracellular Fluid, 이하 BE) -2~+2mEq/L로 유지된다(4).

탄산-중탄산계에 Henderson-Hasselbalch의 식을 적용하면 다음과 같다.

$$pH = 6.1 + \log \left( \frac{[HCO_3^-]}{0.03 \times PaCO_2} \right)$$

이 식에서 분자의 [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]는 신장의 기능에 의해 정하여지고, 분모의 PaCO<sub>2</sub>는 폐의 기능에 의해 정해진다. 산·염기평형의 장애는 혈액 pH, PaCO<sub>2</sub>, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]의 파라메타의 변화에 의해, 4종류의 병형이 생긴다(단순산·염기평형이상).

환기 장애가 있으면, CO<sub>2</sub>의 배설은 불량이 되어, 혈중의 PaCO<sub>2</sub>는 증가하고, 호흡성산증의 상태가 된다. 이로 인하여 신장은 가능한 한 산 배설을 증가해서, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]/PaCO<sub>2</sub>의 크기를 20으로 하려는 기서가 동작한다. 반대로 과환기에서는 CO<sub>2</sub>의 배설은 증가하고, 혈중의 PaCO<sub>2</sub>는 저하해서, 호흡성알칼리증이 된다. 이 경우, 신장에서는 산 배설을 줄여서, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]/PaCO<sub>2</sub>의 비를 20으로 하기 위한 기서가 생긴다. 이와 같은 호흡성의 산·염기평형 장애 시에 신장에 의해 행하여지는 작용을 대사성의 대상작용이라고 한다.

## 2. 혈액개스의 측정실험

### 2. 1 실험방법

실험대상 : 건강한 남자 12명(20세~27세)

측정항목 : 혈액pH

PaCO<sub>2</sub>(이산화탄소분압, mmHg)

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(중탄산이온, mEq/L)

BE-ECF(세포외액의 base excess, mEq/L)

채혈 시의 체위 : 좌위

채혈 부위 : 손목의 요골 동맥

측정기기 : 미국의 NOVA BIOMEDICAL사의 ST-AT PROFILE 3 ANALYZER

기기방식 : 이온전극선택법

### 2. 2 실험결과 및 고찰

표 1은 체질별 혈액개스의 성적을 나타내고 있다.

신장 장애가 존재하는 경우에는, 다음과 같은 반응이 보인다. 무언가의 원인에 의해 대사성산증이 출현하면,  $[HCO_3^-]$ 는 저하한다. 이 때문에  $[HCO_3^-]/PaCO_2$ 의 값을 정상범위 내에 유지하기 위해서는,  $PaCO_2$ 를 가능한 한 저하시킨다. 호흡 중에  $CO_2$ 를 배설시키기 위해서는 빈호흡을 하게 된다. 대사성알칼리증에서는  $[HCO_3^-]$ 는 증가하고 있기 때문에,  $PaCO_2$ 를 상승시켜  $[HCO_3^-]/PaCO_2$ 의 크기를 20으로 하게 된다. 즉 호흡억제에 의해서  $PaCO_2$ 를 증가시킨다. 이와 같은 폐의 작용을 호흡성의 대상작용이라고 한다.

호흡 중에 포함된 중탄산이온, 인산이온, 헤모그로빈, 혈장단백질 등의 완충작용에 관여하는 염기를 완충염기라고 부른다. BE는 완충염기가 정상보다 증가하고 있을 때의 과잉한 염기의 양을 말하고, 염기가 정상 이하의 경우 염기결핍(Base Deficit)이라고도 하는데, 통상은 습관적으로 그대로

사용한다. 따라서

$$BE = \text{환자의 완충염기} - \text{정상의 완충염기}$$

이다. BE의 정상치는  $\pm 2mEq/L$  이내이며,  $-2mEq/L$  이하이면 염기가 부족한 상태, 즉 대사성산증이고,  $+2mEq/L$  이상이면 염기가 과잉한 상태, 즉 대사성알칼리증이다.

이상의 혈액pH,  $PaCO_2$  ( $[HCO_3^-]$ ) 그리고 BE의 파라메타를 가지고 무부하상태에서의 체질별 실험군에 대하여 단순산·염기평형이상을 검토한다.

표 1에서, 太陰人군은  $[HCO_3^-]$  30.1mEq/L,  $PaCO_2$  44.2mmHg, 혈액pH 7.442, BE +5.9mEq/L로 대상성대사성알칼리증의 성적을 보였고, 太陽人군은  $[HCO_3^-]$  24.7mEq/L,  $PaCO_2$  42.2mmHg, 혈액pH 7.369, BE - 0.7mEq/L로 대상성대사성산증의 성적을 보였다.

표 2 체질별 실험군의 자극 전후의 맥박수, 혈청Na, K농도의 성적

Table 2 Records of heart rate, concentrations of Na, K in serum for physical constitutional subjects pre- and poststimulation

	Macro-negative (n=3)	Micro-negative (n=3)	Micro-positive (n=3)	Macro-positive (n=3)
HR, beats/min	77±8* <sup>1</sup>	84±10	82±13	91±1
	66~86* <sup>2</sup>	72~97	65~97	90~92
	84±6* <sup>3</sup>	80±9	77±10	69±17
	77~91* <sup>4</sup>	70~92	64~87	46~84
Na, mEq/L	140.2±1.2	140.0±0.8	140.4±0.2	142.6±0.7
	138.5~141.5	139.1~141.1	140.1~140.7	142.0~143.6
	140.3±1.3	139.1±0.6	141.4±0.2	140.4±0.8
	138.6~141.6	138.6~139.9	141.2~141.7	139.5~141.4
K, mEq/L	3.71±0.28	3.71±0.39	4.11±0.07	4.15±0.21
	3.50~4.11	3.32~4.09	4.03~4.20	3.92~4.43
	3.79±0.16	3.89±0.26	3.93±0.03	4.0±0.12
	3.61~3.99	3.53~4.14	3.91~3.97	3.91~4.17
Na/K	37.94±2.51	38.32±3.82	34.17±0.63	34.42±1.87
	34.43~40.14	34.50~42.14	33.36~34.91	32.05~36.63
	37.78±1.62	36.57±2.78	35.92±0.27	35.10±1.06
	35.49~38.98	33.79~39.35	35.54~36.11	33.65~36.16

\*<sup>1</sup> : means±SD (prestimulation)

\*<sup>2</sup> : range (perstimulation)

\*<sup>3</sup> : means±SD (poststimulation)

\*<sup>4</sup> : range (poststimulation)

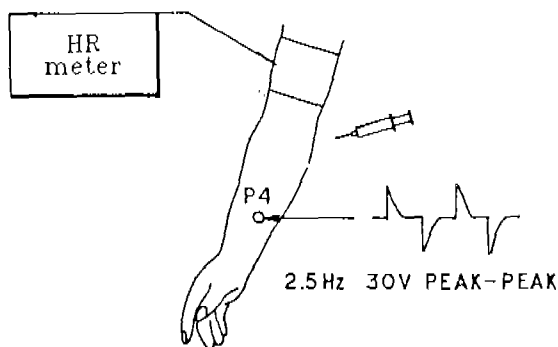


그림 1 전기 자극에 의한 맥박수와 혈청Na,K농도의 변동을 측정하는 방법

Fig. 1 Measuring method of variations of heart rate and concentrations of Na,K in serum post-stimulation

少陰人군은 PaCO<sub>2</sub> 42.3mmHg, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] 28.7mEq/L, 혈액pH 7.437, BE +4.2m Eq/L로 알칼리증의 성적을 보였고, 少陽人군은 PaCO<sub>2</sub> 42.0mmHg, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]25.9mEq/L, 혈액 pH 7.399, BE 0.9mEq/L로 산증의 성적을 보였다.

### 3. 전기자극에 의한 맥박수와 혈청 Na,K농도의 변동 측정 실험

#### 3. 1 실험방법

실험대상 : 제2장과 동일한 실험군

측정항목 : 맥박수 (beats/min)

혈청Na농도 (mEq/L)

혈청K농도 (mEq/L)

자극방법 : 2.5Hz 30Vpeak-peak 양방향펄스를 3분간 자극

자극부위 : 오른쪽 극문(그림 1에서 P4 경혈)

그림 1은 전기 자극에 의한 맥박수와 혈청Na, K 농도의 변동을 측정하는 방법을 나타낸 것이다.

#### 3. 2 실험결과 및 고찰

표 2는 체질실험군의 극문에 전기자극을 인가하기 전후의 맥박수, 혈청Na농도, 혈청K농도 그리고 혈청Na/K값의 성적을 보이고 있다.

그림 2는 전기자극을 가하기 전의 무부하상태에서 혈청Na, K농도를 나타내고 있다. 이하의 그림에서 ■는 太陰人, ●는 少陰人, ○는 少陽人, □는 太陽人을 각각 의미한다. 그림 2에서 太陰人, 少陰

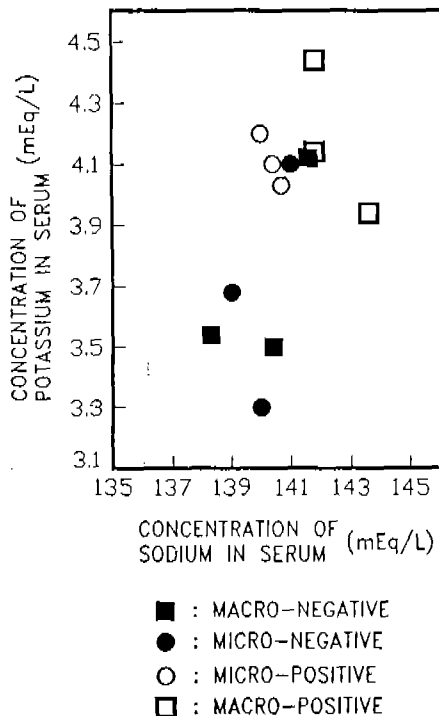


그림 2 체질별 실험군의 자극 전 혈청Na,K농도

Fig. 2 Concentrations of Na, K in serum for the physical constitutional subjects prestimulation

人은 혈청K농도가 太陽人, 少陽人보다 낮은 경향을 나타내고 있다.

그림 3은 극문에 전기자극을 가한 후의 맥박수 및 혈청K농도의 변동을 보인다. 극문은 동양의학에 있어서 십계항진의 치료경혈이다.

그림 4는 전기자극을 가한 후 혈청Na, K농도의 변동을 나타낸다.

혈청K농도의 변화는 세포의 흥분과 수축을 나타내는 지수로 사용되며, 이것은 이온설(4)로서 설명할 수 있다. 즉, 세포의 흥분 시에는, 세포막의 투과성이 급격히 증가하여, 세포 외로부터 세포 내로 Na는 이동하여 막전위가 급격히 저하한다(탈분극). 그 뒤 이것과 역방향으로 K이온이 이동하여, 막전위가 회복되며(재분극), 세포막의 Na·K펌프에 의해 세포 내외의 Na와 K분포가 정상화된다. 이와 같은 세포의 흥분과 수축의 기저는, 소위 이온설로서 넓게 생체의 세포에 있어서 인정되고 있다. 세포막 내외의 막전위(E)는 다음의 등식으로 표현된다.

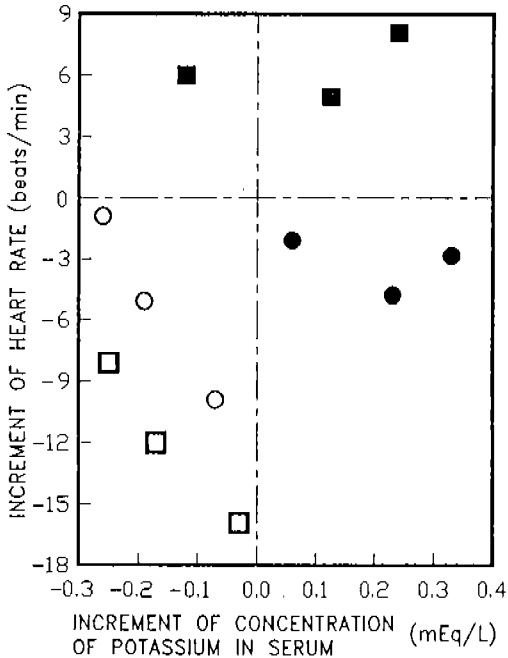


그림 3 체질별 실험군의 자극 후 맥박수와 혈청K 농도의 변동

Fig. 3 Variations of heart rate and the concentrations of K in serum for the physical constitutional subjects poststimulation

있다. 세포막 내외의 막전위(E)는 다음의 등식으로 표현된다.

$$E = -61.5 \times \log\left(\frac{[K]_i}{[K]_o}\right)$$

즉 세포 내의 K농도  $[K]_i$ 와 세포 외의 K농도  $[K]_o$ 의 비에 의해 막전위는 정해진다.  $[K]_i/[K]_o$ 의 값의 저하 (혈청K농도의 증가)는 세포의 흥분성을 향진시킨다.

그림 3과 그림 4에서, 太陽人군에서는 맥박수 및 혈청Na, K농도가 자극 후 급격히 감소하였다. 이것은 四象體質군 중에서, 太陽人군에 심계항진의 치료 효과인 맥박수 감소반응이 현저하게 나타났으며 혈청K농도의 감소는 자극 후 세포의 흥분성이 감소되었음을 나타낸다. 이것으로부터 太陽人은 자극 후의 부하상태에서는 교감신경억제형이고, 자극 전의 무부하상태에서는 교감신경항진형이라고 할 수 있다. 太陰人군에서는 맥박수 및 혈청Na, K농도가 자극 후 증가하였다. 즉 체질 실험군 중에서 太陰人군에서는 맥박수 감소반응이 나타나지

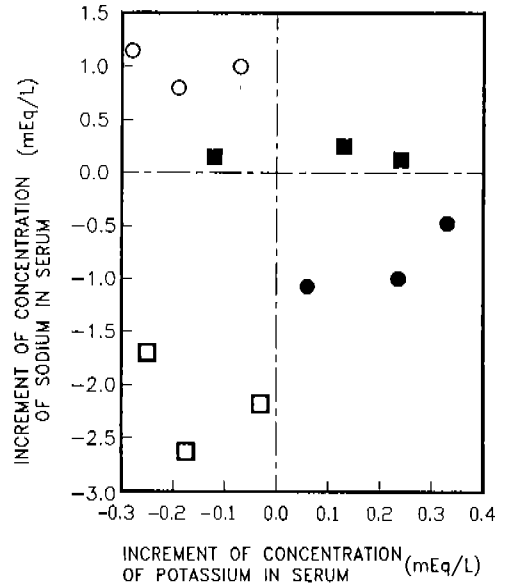


그림 4 체질별 실험군의 자극 후 혈청Na, K농도의 변동

Fig. 4 Variations of the concentrations of Na, K in serum for the physical constitutional subjects poststimulation

않았다. 오히려 자극 후 맥박수 및 혈청K농도가 증가하였던 것은 교감신경의 항진이며, 이는 체액의 과정에서 기인하는 심리적 흥분상태가 주도한 것으로 생각한다. 그러므로 太陰人은 자극 전의 무부하상태에서는 부교감신경항진형이라고 할 수 있다.

또한 少陽人군에서는 자극 후 맥박수 및 혈청K농도가 감소하였고, 혈청Na농도는 증가하였다. 이 반응은 太陽人군의 맥박수 및 혈청K농도의 성적과 太陰人군의 혈청Na농도의 성적을 함께 나타내고 있다. 少陽人은 자극 전의 무부하상태에서는 교감신경항진과 부교감신경항진이 혼재하는 가운데, 특히 표 1, 그림 3에서 太陽人의 성적과 유사하므로 교감신경주도형이라고 생각한다. 少陰人군에서는 자극 후 맥박수 및 혈청Na농도는 감소, 혈청K농도는 증가하였다. 이 반응은 太陽人군의 맥박수 및 혈청Na농도의 성적과 太陰人군의 혈청K농도의 성적을 함께 나타내고 있다. 少陰人은 자극 전의 무부하상태에서는 교감신경항진과 부교감신경항진이 혼재하는 가운데, 특히 표 1에서 太陰人의 성적과 유사하므로 부교감신경주도형이라고 생각한다.

#### 4. 결 론

四象體質은 간, 신장, 비장, 그리고 폐의 기능의 상대적 우열에 의해 분류된다. 그 중에서 폐와 신장은 체내의 산·염기평형의 조절기구로서 대상작용을 한다. 四象體質과 산·염기평형의 관계를 검토하기 위하여 건강한 체질실험군에 대하여 혈액개스를 측정하여, 그 중 혈액pH, PaCO<sub>2</sub>, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] 그리고 BE의 파라메타를 가지고 단순산·염기평형이상을 논하였다.

그 결과, 太陰人, 少陰人은 알카리증, 太陽人, 少陽人은 산증의 성적을 각각 보였다.

또한 四象體質과 자율신경계 및 체액 전해질과의 관계를 검토하기 위하여, 극문에 전기자극을 가하기 전후의 맥박수와 혈청Na농도 및 혈청K농도를 측정하였다.

그 결과, 정상상태에서는 太陽人, 少陽人은 흥분성의 향진 즉 교감신경우위형, 太陰人, 少陰人은 흥분성의 저하 즉 부교감신경우위형의 성적을 보였다. 그리고 太陽人 및 少陽人 실험군에서 상대적으로 혈청K농도가 높은 것은 산증의 성적과 일치하며, 太陰人, 少陰人 실험군에서 상대적으로 혈청K농도가 낮은 것은 알카리증의 성적과 일치한다.

#### 5. 참 고 문 헌

- 1) 洪淳用 “四象醫學原論”, 杏林出版社, 1976.
- 2) 西條一止 “鍼刺戟による心拍數減少反應と自律神經機能”, 東方醫學, Vol. 6, No.1, 33/44, 1990.
- 3) 西澤道元 “刺戟唾液中の電解質と自律神經機能”, 自律神經, Vol. 15, No.1, 17/22, 1978.
- 4) 北岡建樹 “水・電解質の知識”, 南山堂, 1987.
- 5) 趙峯寬, 高炳熙, 齋藤正男 “體質と病理に從, た皮膚コンダクタン-ス水準” 電子情報通信學會 B-ME91-41, 55/58, 1991.
- 6) 趙峯寬, 高炳熙, 齋藤正男 “電氣刺戟による體質別皮膚コンダクタン-ス水準と心拍數の變化”, 第31回日本エム・イ-學會大會, Japan Soc. ME & BE, 619, 1992.
- 7) BK. Jo, BH. Ko, JI. Bae, M. Saito “Variation of Heart Rate and the Concentrations of Sodium and Potassium in Serum According to the Physical Constitution by Electrical Stimulation” Proceedings of Seventh International Conference on Biomedical Engineering, Singapore, 570, 1992.