

# 呼吸調整（調息）に及ぼす頻度，深さ，型等，規則性変化の効果について

茅原 正・小室 央允

Effects of respiratory periodic changes in frequency, volume, and pattern on breathing-regulation (chōsoku)  
Tadashi Chihara, and Hisayoshi Komuro  
(Department of Psychology, Komazawa University, Japan)

**KEY WORDS:** breathing-regulation (chōsoku), breathing-frequency, breathing-pattern, EEG- $\alpha$  wave, meditation

呼吸は随意的に統制することが可能であり，ヨーガをはじめ，仏教，道教，神秘主義，武道，芸道，養生訓など，古来，さまざまな場面で重視されてきた。

呼吸法は，特別な身心状態へ至るための，意識的に方法化された呼吸の仕方であり，息の特定の相を強調することから，日常とは異なった息の諸相を知ることができる。

ヨーガでは，プラーナーヤーマ（調気）は，意識的に，息を吸う（吸気）・息を止める（止息）・息を吐く（呼気）時間を伸ばすこと，と説かれたが，釈尊は，止息禪の苦行の後，悟りに至る方法として，入息短・出息長の腹式呼吸を行うようになった。

禪の呼吸法に関しては，『摩訶止観』や『天台小止観』において息を調える方法が説かれている。また，道元の『弁道法』には，「鼻息は通ずるに任せ，喘がず声せず，長からず，短ならず，緩ならず急ならず」とあり，それぞれ，滞らない緩やかな息が勧められている。

近年，ヨーガ，坐禅等，様々の瞑想法に対する科学的研究が数多くなされ，概して，瞑想時は“低代謝でありながら目覚めた状態”であることが，その特質とされている。

Sugi & Akutsu (1968) は，調息により緩徐な呼吸統制が行われる坐禅時の呼吸の測定を行なった。その結果，禅僧の呼吸数は，安静時毎分 11～14 回であったが，坐禅時には毎分 3～7 回に減少した。そのほか，分時換気量の低下・一回換気量の増加・O<sub>2</sub>消費量の低下・CO<sub>2</sub>産出量の低下など，代

謝の低下が呼吸特徴として注目されている。また，笠松（1957）や平井（1960）は，坐禅時の脳波の測定を行い，修行歴の長い禅僧の場合，連続的に  $\alpha$  波が出現し，時間経過に伴って，出現率や振幅が大きくなることを明らかにした。さらに，Sugi & Akutsu (1968) は，調息の代謝に及ぼす影響を検討するため，坐禅経験の浅い被験者に分時 2～60 回という坐禅姿勢での条件呼吸を負荷し，呼吸の仕方と O<sub>2</sub>消費量との関係を求めたところ，呼吸数の多い場合も，また少ない場合も初心者には負荷が大きく，O<sub>2</sub>消費量が増加し，調息による坐禅時の結果とは逆になった。したがって，坐禅時の代謝効果は，単に呼吸数を変化させることのみによるものではなく，調身調息調心の平衡によるものと考えられている。

熊谷・酒井（1963）は，呼吸と脳波との関わりについて，猫に取り付けた人工呼吸器の調整によって実験を行った。その結果，呼吸量の増減による脳波の変動について，新皮質の脳波は，hyperventilation（過剰換気）の場合，CO<sub>2</sub>分圧の低下を伴って，高振幅・徐波化が認められ，周波数頻度の低い“drowsy”となる。また，hypoventilation（過少換気）の場合には，CO<sub>2</sub>分圧の上昇，脳波が低振幅・速波となり，周波数が高頻度の“arousal”となることを報告している。

呼吸統制に関する先行研究では，呼吸統制が身心に及ぼす影響を検討するために，一定のペースで呼吸を統制するペース呼吸 (paced respiration) による実験が多く行われている。Eisen, Rapee, & Barlow (1990) は，ゆっくりとした呼吸（1分間

10呼吸)で瞑想を行った場合、速い呼吸(1分間20呼吸)で瞑想を行うよりも、質問紙における不安得点が低く、リラクゼーション得点が高かったこと、さらに、呼気終末CO<sub>2</sub>分圧(PetCO<sub>2</sub>)が高く、心拍数が低かったことを報告している。また、榊原(2003)は、1分間に5呼吸という条件で脳波の測定を行い、呼吸の随意的な統制がEEG- $\alpha$ 波の増大に関わることを報告している。

これらの結果は、各実験によって設定した呼吸数は異なるものの、緩徐な呼吸統制が不安やストレスを低減したり、リラクゼーションを促進したりすることを示唆するものである。

統制可能なのは呼吸数だけではなく、呼吸のパターン、つまり、吸気と呼気の長さも統制可能である。Sugi & Akutsu (1968)は、禅僧の呼吸パターンについて、坐禅時には呼気時間が吸気時間の2倍以上になるという結果を得ている。呼吸パターンを実験的に操作した研究も数多い。Cappo & Holmes(1984)は、吸気が短く呼気が長い群(吸気2秒・呼気8秒)・吸気が長く呼気が短い群(吸気8秒・呼気2秒)・吸気と呼気が同じ群(吸気5秒・呼気5秒)を設定し、呼吸パターンの違いがストレス事態に及ぼす影響を検討した。その結果、吸気が短く呼気が長い群は、他の群に比べて皮膚抵抗値が低かったと報告している。また、榊原(2003)は、吸気・呼気パターンの異なる呼吸統制が脳波に及ぼす影響を検討している。吸気が短く呼気が長い群・吸気が長く呼気が短い群・吸気と呼気が同じ群、を比較した結果、呼吸パターンによる有意な差は認められなかった。榊原は、呼気の長い呼吸がEEG- $\alpha$ 波に影響を及ぼす可能性があるとしながらも、呼吸パターンの差異に関係なく、緩徐な呼吸のコントロールが脳波に影響を与えると結論づけている。以上のように、これまでの呼吸パターンに関する研究では、吸気が明らかに長い呼吸と呼気が明らかに長い呼吸という対極的なパターンを設定した研究が多く、呼吸の深さや、止息あるいは保息の効果をも考慮し、詳細に検討したものはほとんどない。

本研究は、呼吸数や換気、呼吸パターン等の調整が呼吸活動および身心の安定に如何なる効果を及ぼすか、予備・試験的実験を通して検討した。

## 実験 1

### 方法

安静時の分時呼吸数(respiratory rate; RR)を測定し、安静時呼吸数の25%・50%・150%・200%の呼吸数統制を条件として設定した。本実験での被験者は、安静時呼吸数がおおよそ12回であったので、呼吸数統制として、3回・6回・18回・24回を設定した。

脳の活動の分析としてEEG- $\alpha$ 波出現率( $\alpha$  time %)を指標とし、呼吸活動については呼気ガス分析により、分時換気量(minute ventilation;  $\dot{V}E$ )、一回換気量(tidal volume; TVE)、O<sub>2</sub>消費量(O<sub>2</sub> consumption;  $\dot{V}O_2$ )、CO<sub>2</sub>産出量(CO<sub>2</sub> elimination;  $\dot{V}CO_2$ )、吸気時間(inspiratory time; Ti)、呼気時間(expiratory time; Te)、を指標として測定した。

### 被験者

呼気ガス採取のための呼吸マスクを装着することに慣れている男性1名(年齢51歳、身長171cm、体重73kg)を被験者とした。

実験は計3回測定を行った。1回目の測定から一週間後の同時刻に2回目の測定を行い、3回目の測定も同様に2回目の測定から一週間後の同時刻に行った。実験室内の平均気温は23±1.7°C、平均湿度は61±4.6%、平均気圧は752.7±5.7mmHgであった。測定は食後4時間以上経過後に行った。

### 装置と記録

EEG- $\alpha$ 波の測定には、フューテックエレクトロニクス株式会社製のBIOFEED BACK SYSTEM FM-515 A とパルラックスIIを内蔵した富士通社製のFM-V BIBLOを接続して行った。出現したEEG- $\alpha$ 波の記録はBIOFEEDBACK SYSTEM FM-515 A と接続したNEC三栄株式会社製オムニエースII RA 1300によって測定した。EEG- $\alpha$ 波の記録は、7.5 $\mu$ V以上のEEG- $\alpha$ 波のみに限定した。呼気ガス分析と呼吸流量の測定は、ミナト医科学株式会社製AE-300Sによって行った。測定値の記録及び解析は、分析器に連動したDell Latitude AEC-3000を用いた。

## 手 続

実験1では、まず被験者に対し、トランジェューサー付の呼吸マスクを装着した後、BIOFEEDBACK SYSTEM FM-515 A の電極付のバンドを額に装着し、基準電極として左耳朶にクリップをつけてから、脳波と呼吸機能の測定を行った。測定は、最初に安静時呼吸を測定した後に、各条件3分間の測定をランダムに行った。

## 結 果

各呼吸指標及び EEG- $\alpha$  波出現率の条件間における差異を検討するために、条件についての1要因の分散分析と Ryan's method による多重比較(5%水準)を各呼吸指標及び EEG- $\alpha$  波出現率において行った。(Table 1)

### 分時換気量 ( $\dot{V}E$ )

条件ごとの平均値を Figure 1 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意であった ( $F(4, 32)=194.85, p<.001$ )。多重比較の結果、安静時呼吸(12回呼吸)に対して、3回呼吸は減少し、18回呼吸と24回呼吸においては増加した。安静時呼吸と6回呼吸との間に有意な差は見られなかった。24回呼吸は、3回呼吸と6回呼吸と18回呼吸に対して、有意な増加が認められた。また、18回呼吸は、3回呼吸と6回呼吸に対して、有意な増加が認められた。また、3回呼吸は、6回呼吸に対して、有意な減少が認められた。RRの増加により  $\dot{V}E$  が増加する傾向であるが、6回呼吸は安静時呼吸と差がなかった。

### 一回換気量 (TVE)

条件ごとの平均値を Figure 2 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意であった ( $F(4, 32)=191.82, p<.001$ )。多重比較の結果、安静時呼吸に対して、3回呼吸と6回呼吸は増加した。しかし、安静時呼吸に対して、18回呼吸と24回呼吸では有意差が見られなかった。3回呼吸は、6回呼吸と18回呼吸と24回呼吸に対して、有意な増加が認められた。また、6回呼吸は、18回呼吸と24回呼吸に対して、有意な増加が認められた。RRの減少により、TVEが増加する傾向であるが、安静時呼吸と18回呼吸と24回呼吸間では、有意な差が認められなかった。

### O<sub>2</sub>消費量 ( $\dot{V}O_2$ )

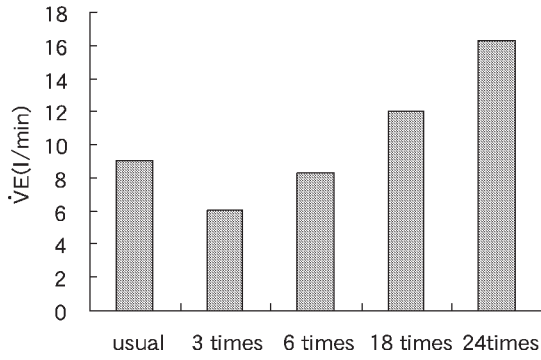
条件ごとの平均値を Figure 3 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意であった ( $F(4, 32)=8.17, p<.001$ )。多重比較の結果、安静時呼吸に対して、24回呼吸は増加した。また24回呼吸は、3回呼吸と6回呼吸に対しても、有意な増加が認められた。24回呼吸では、 $\dot{V}O_2$ が増加した。

### CO<sub>2</sub>産出量 ( $\dot{V}CO_2$ )

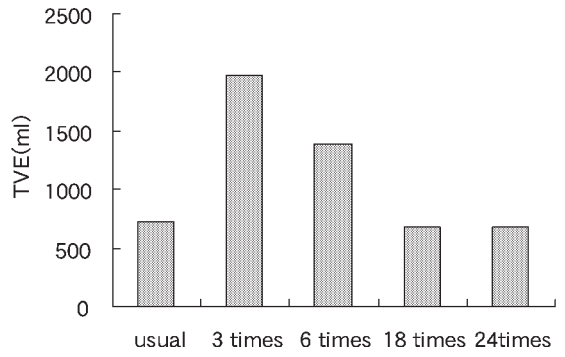
条件ごとの平均値を Figure 4 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意であった ( $F(4, 32)=26.02, p<.001$ )。多重比較の結果、安静時呼吸に対して、18回呼吸と24回呼吸は増加した。また、安静時呼吸と3回呼吸と6回呼吸間では、有意な差が認められなかった。24回呼吸は、3回呼吸と6回呼吸と18回呼吸に対して、有意な増加が認められた。18回呼吸は、3回呼吸に対して、

Table 1 Means of respiratory measures and alpha time percent under controlled RR's

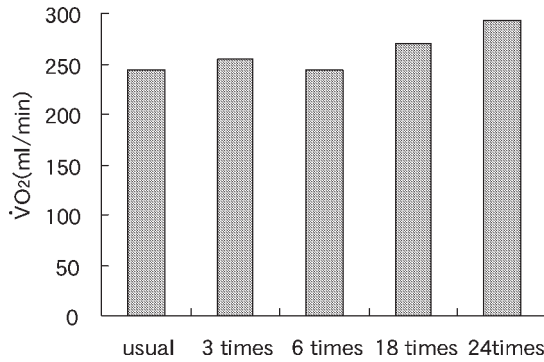
		$\dot{V}E$ (l/min)	TVE (ml)	$\dot{V}O_2$ (ml/min)	$\dot{V}CO_2$ (ml/min)	Ti (sec)	Te (sec)	$\alpha$ (%)
usual	Mean	9.07	716.22	244.56	184.89	1.82	2.95	20.74
	(SD)	(0.60)	(49.64)	(18.66)	(19.90)	(0.08)	(0.22)	(7.12)
3 times	Mean	6.02	1982.22	254.56	184.00	8.87	10.84	11.11
	(SD)	(0.67)	(245.02)	(31.16)	(22.45)	(0.82)	(0.47)	(4.01)
6 times	Mean	8.36	1392.78	244.00	209.11	5.09	4.90	14.45
	(SD)	(0.63)	(103.12)	(21.88)	(21.46)	(0.24)	(0.20)	(4.91)
18 times	Mean	12.00	673.56	270.22	215.22	1.66	1.71	10.92
	(SD)	(1.27)	(68.08)	(40.08)	(27.79)	(0.04)	(0.05)	(4.79)
24 times	Mean	16.33	683.11	292.67	267.11	1.23	1.29	14.81
	(SD)	(1.38)	(54.67)	(31.42)	(33.64)	(0.03)	(0.01)	(5.00)



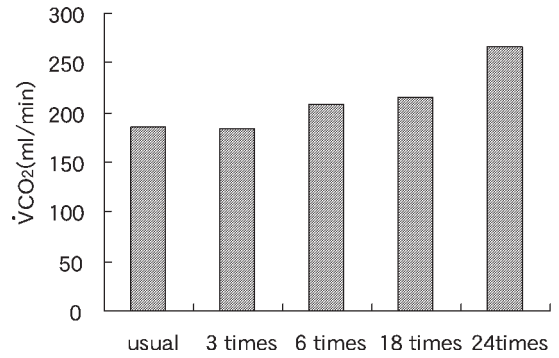
**Figure 1** minute ventilation under controlled respiratory rates



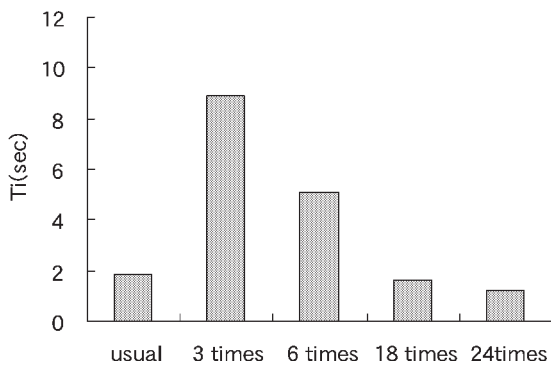
**Figure 2** tidal volume under controlled respiratory rates



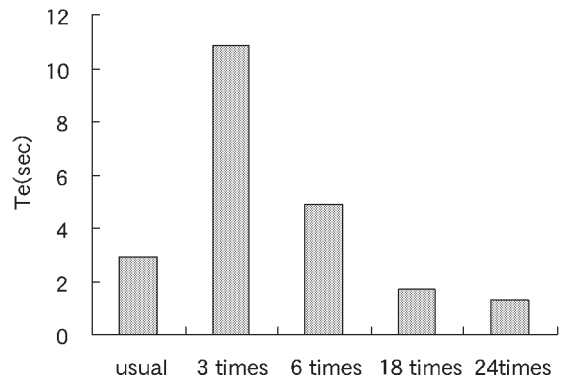
**Figure 3** O<sub>2</sub> consumption under controlled respiratory rates



**Figure 4** CO<sub>2</sub> elimination under controlled respiratory rates



**Figure 5** inspiratory time under controlled respiratory rates



**Figure 6** expiratory time under controlled respiratory rates

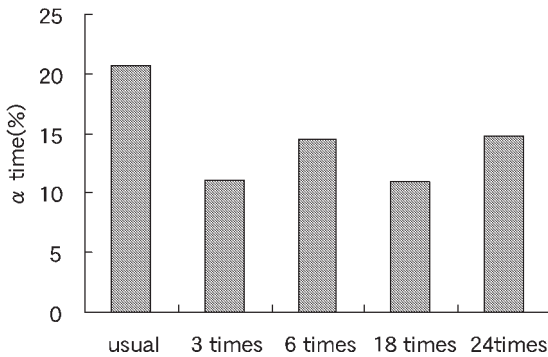


Figure 7 α per time under controlled respiratory rates

有意な増加が認められた。18回呼吸と24回呼吸では、 $\dot{V}CO_2$ が増加した。

#### 吸気時間 (Ti)

条件ごとの平均値を Figure 5 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意であった ( $F(4, 32) = 567.44, p < .001$ )。多重比較の結果、安静時呼吸に対して、3回呼吸と6回呼吸は増加した。また、安静時呼吸に対して、24回呼吸は減少した。3回呼吸は、6回呼吸と18回呼吸と24回呼吸に対して、有意な増加が認められた。また、6回呼吸は、18回呼吸と24回呼吸に対して、有意な増加が認められた。安静時呼吸と18回呼吸、及び18回呼吸と24回呼吸においては、有意な差が認められなかった。RRの増加によるTiに有意差がみられなかった。

#### 呼気時間 (Te)

条件ごとの平均値を Figure 6 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意であった ( $F(4, 32) = 1867.63, p < .001$ )。多重比較の結果、安静時呼吸に対して、3回呼吸と6回呼吸は増加し、18回呼吸と24回呼吸は減少した。24回呼吸は、3回呼吸と6回呼吸と18回呼吸に対して、有意な減少が認められた。また、18回呼吸は、3回呼吸と6回呼吸に対して、有意な減少が認められた。また、6回呼吸は、3回呼吸に対して、有意な減少が認められた。RRの増加により、Teが減少した。

#### EEG-α波出現率 (α time %)

条件ごとの平均値を Figure 7 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意であった ( $F(4, 32) = 7.3, p < .001$ )。多重比較の結果、安静時呼吸に対して、3回呼吸と6回呼吸と18回呼吸と24回呼吸は有意な減少が認められた。呼吸数統制条件間においては、有意差が認められなかった。

#### 考 察

実験1における呼吸頻度の統制は、深さ及び規則性にまで及んでいない。したがって、厳密な意味では、純粹なる頻度の比較にはならないが、分時12回で一回換気量700mlの安静時呼吸に対して、分時24回、18回の呼吸は、深さがほぼ不変で、分時換気量も増加していることから速呼吸 (tachypnea) 型の過換気 (hyperventilation) となり、 $O_2$ 消費量も増加した。

分時6回の呼吸は、安静時呼吸に対して、呼吸数が半分、一回換気量が約1400mlで深さが2倍であるが、分時換気量及び $O_2$ 消費量は安静時と変わらない。呼吸比も、吸息2秒、呼息3秒の安静時呼吸に対し、吸息5秒、呼息5秒とほぼ2倍のバランスのとれた型になっており、無理のない“深呼吸”型といえよう。

安静時の1/4である分時3回の呼吸は、一回換気量約2000mlで、安静時の約3倍である。分時換気量が低下することから過少換気 (hypoventilation) ではあるが、 $O_2$ 消費量は安静時と差がない。呼吸比は2:3の安静時に対し、9:11と呼息がやや短い。

調息にともなう吸息時間、呼息時間については、3回/分、6回/分の低頻度の呼吸において呼吸回数に対応した吸気-呼気時間の配分となり、その比率も安定している。

本実験の結果から、分時24回呼吸における代謝の増加以外に差がなく、呼吸数が正常よりも多くても少なくとも代謝の低下が認められないことから、Sugi & Akutsu (1968) らの結果と同様、代謝の低下が単に呼吸頻度によるものではないことが明らかになった。

本実験の分時3回呼吸において $O_2$ 消費量が増加しなかったのは、Sugi & Akutsu (1968) の初心者による対照実験と異なり、被験者は坐禅の経験があり、ガスマスクにも慣れていたことによる

ものと考えられる。

呼吸頻度の変化に対する EEG- $\alpha$  time %の結果は、総ての呼吸条件で安静時より低下しており、呼吸頻度そのものより、“強制呼吸条件”の効果が大きく考えられ、今後の考慮すべき課題となった。

呼吸頻度の制御という点では、安静時呼吸数の半分、一回換気量が約2倍という深呼吸に無理のないことが分かった。この頻度と深さ、規則性の組み合わせが今後の検討課題となる。

## 実験 2

第1実験においては、調息に及ぼす呼吸頻度の効果を検討したが、さまざまな問題点も残された。瞑想や呼吸法等で説かれる「ゆるやかな長呼吸」は、単なる数の統制のみでは説明できず、さらに、深さや規則性等の変化をも同様に考慮する必要がある。そこで実験2では、頻度を一定（正常呼吸の50%）にし、息間の保息（吸息止、呼息止）をも含んだ、7つの呼吸型を設定し、より効果的な呼吸の仕方を検討する。

## 方 法

第1実験の結果から、安静時の呼吸数に対して、統制しやすく比較的効率の良い呼吸を行えることから、分時呼吸数を6回（1呼吸10秒、8拍）とし、吸気から呼気へ（入息止）と終わり（出息止）に、保息を含んだ長呼吸の7呼吸型を設定した（Figure 8）。1型は、1呼吸あたりの吸気：呼気を4：4（5秒：5秒）とした。2型は、1呼吸の吸気：呼気を2：6（2.5秒：7.5秒）とした。3型は、1呼吸の吸気：呼気：出息止を2：4：2（2.5秒：5秒：2.5秒）とした。4型は、1呼吸の吸気：呼気：出息止を2：2：4（2.5秒：2.5秒：5秒）とした。5型は、吸気：入息止：呼気を2：2：4（2.5秒：2.5秒：5秒）とした。6型は、吸気：入息止：呼気：出息止を2：2：2：2（2.5秒：2.5秒：2.5秒：2.5秒）とした。7型は、吸気：入息止：呼気を2：4：2（2.5秒：5秒：2.5秒）とした。

また、強制呼吸統制としてペースメーカーを用いる条件（PM）と、随意呼吸統制を行うためにペースメーカーを用いない条件（NPM）とを設定した。

第2実験では、脳の活動の分析として EEG- $\alpha$  波出現率を指標とし、呼吸活動の分析については

分時換気量、一回換気量、 $O_2$ 消費量、 $CO_2$ 産出量、 $O_2$ 分圧（ $O_2$  partial pressure;  $PO_2$ ）、 $CO_2$ 分圧（ $CO_2$  partial pressure;  $PCO_2$ ）を指標として測定した。

## 被 験 者

実験1と同じ被験者。

実験は1回目の測定から一週間後の同時刻に2回目の測定を行った。3回目以降の測定も同様に行き、計4回測定した。実験室内の平均気温は $22.8 \pm 2.5^\circ C$ 、平均湿度は $63 \pm 11\%$ 、平均気圧は $755.5 \pm 9.7$  mmHgであった。測定は食後4時間以上経過後に行った。

## 装置と記録

実験1と同じ測定装置を用いた。加えて第2実験では、血中ガス成分の測定を行うために、RADIOMETER COPENHAGEN 社製の TCM4 経皮血液ガス分圧測定装置を用いた。また、強制呼吸統制のためのペースメーカーとして、セイコーエスヤード株式会社製の DIGITAL METRONOME DM-17 を用いた。

## 手 続

実験1と同様に測定器具を装着した後、さらに経皮ガス成分測定用電極を左前膊に装着した。経皮ガス成分測定用電極を装着した後に、in vivo 測定により経皮血液  $O_2$  分圧（transcutaneous  $O_2$  pressure;  $tcPO_2$ ）と経皮血液  $CO_2$  分圧（transcutaneous  $CO_2$  pressure;  $tcPCO_2$ ）を  $PO_2$  と  $PCO_2$  に換算して記録した。4回の測定は、強制呼吸統制と随意呼吸統制のそれぞれ2回ずつをランダムに行った。測定は、最初に安静時呼吸を記録した後に、7つの呼吸型をランダムに行った。各条件、4分間の測定をした。強制呼吸統制に用いたペースメーカーは、1呼吸（10秒）を八等分にするため、テンポを48（1.25秒/1拍）に設定した。

## 結 果

各呼吸指標及び EEG- $\alpha$  波出現率の条件間における差異を検討するために、呼吸型（7）×ペースメーカー（2）の2要因の分散分析と Ryan's method による多重比較（5%水準）を各呼吸指標と EEG- $\alpha$  波出現率及び呼気ガス成分で行った。

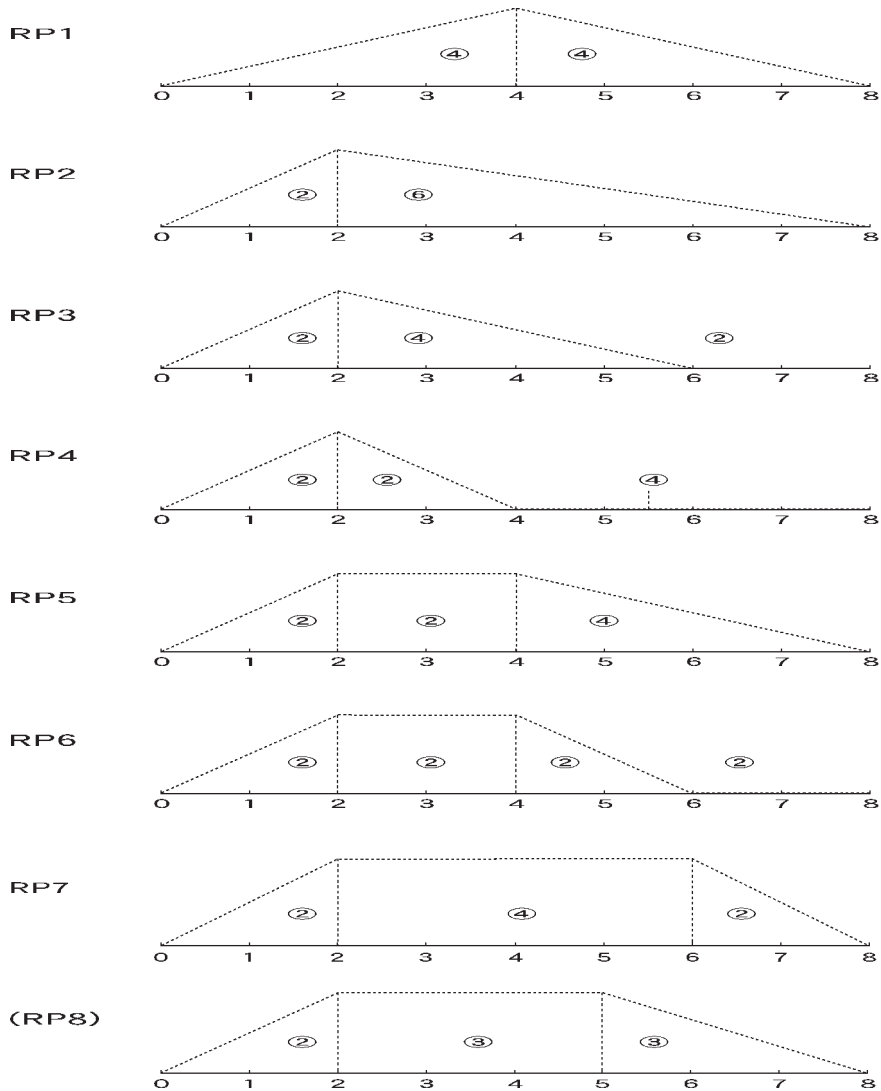


Figure 8 Breathing patterns

### 分時換気量 ( $\dot{V}_E$ )

条件ごとの平均値を Figure 9 に示した。分散分析の結果、呼吸型の主効果が有意であった ( $F(6, 42) = 17.51, p < .001$ ) が、要因の交互作用が有意であった ( $F(6, 42) = 3.51, p < .01$ )。ペースメーカーの単純主効果が、5型 ( $F(1, 49) = 5.05, p < .05$ ) と7型 ( $F(1, 49) = 4.39, p < .05$ ) で認められた。5型・7型ではNPM条件がPM条件よりも高かった。呼吸型の単純主効果が、PM条件 ( $F(6, 84) = 17.07, p < .001$ ) とNPM条件 ( $F(6, 84) = 4.42, p < .001$ ) で認められた。多重比較の

結果、PM条件では、1型が、2型～7型よりも有意に高かった。また、2型・3型が5型・6型・7型よりも有意に高く、4型が6型・7型よりも有意に高かった。NPM条件では、1型が6型・7型よりも有意に高く、2型・4型が6型よりも有意に高かった。

### 一回換気量 (TVE)

条件ごとの平均値を Figure 10 に示した。分散分析の結果、要因の交互作用が有意ではなく ( $F(6, 42) = 0.22, n.s.$ )、呼吸型の主効果が有意であった ( $F(6, 42) = 14.64, p < .001$ )。多重比較の結果、1

型が、2型～7型よりも有意に高かった。また、2型・3型が4型～7型よりも有意に高かった。

### O<sub>2</sub>消費量 ( $\dot{V}O_2$ )

条件ごとの平均値を Figure 11 に示した。分散分析の結果、ペースメーカー ( $F(1,7)=0.13, n.s.$ ) と呼吸型 ( $F(6,42)=1.70, n.s.$ ) に主効果は認められなかったが、要因の交互作用が有意であった ( $F(6,42)=2.78, p<.05$ )。ペースメーカーの単純主効果が、1型 ( $F(1,49)=8.31, p<.01$ ) において認められ、PM 条件が NPM 条件よりも有意に高かった。

### CO<sub>2</sub>産出量 ( $\dot{V}CO_2$ )

条件ごとの平均値を Figure 12 に示した。分散分析の結果、呼吸型の主効果が有意であった ( $F(6,42)=5.20, p<.001$ ) が、要因の交互作用が有意であった ( $F(6,42)=3.12, p<.05$ )。ペースメーカーの単純主効果が、5型 ( $F(1,49)=4.86, p<.05$ ) と7型 ( $F(1,49)=4.45, p<.05$ ) において認められ、PM 条件が NPM 条件よりも有意に低かった。また、呼吸型の単純主効果が、PM 条件 ( $F(6,84)=6.95, p<.001$ ) で認められた。多重比較の結果、1型が2型～7型よりも有意に高かった。

### EEG- $\alpha$ 波出現率 ( $\alpha$ time %)

条件ごとの平均値を Figure 13 に示した。分散分析の結果、要因の交互作用が有意ではなく ( $F(6,42)=1.22, n.s.$ )、ペースメーカーの主効果が有意 ( $F(1,7)=161.97, p<.001$ ) で、NPM 条件が高かった。また、呼吸型の主効果が有意であった ( $F(6,42)=3.35, p<.01$ )。多重比較の結果、4型が1型よりも有意に高かった。

### O<sub>2</sub>分圧 (PO<sub>2</sub>)

条件ごとの平均値を Figure 14 に示した。分散分析の結果、ペースメーカーの主効果が有意 ( $F(1,7)=19.57, p<.005$ ) で、呼吸型の主効果も有意であった ( $F(6,42)=17.51, p<.001$ ) が、要因の交互作用が有意であった ( $F(6,42)=4.17, p<.005$ )。呼吸型の単純主効果が、PM 条件 ( $F(6,84)=7.04, p<.001$ ) で認められた。多重比較の結果、1型が2型～7型よりも有意に高く、5型が4型よりも有意に高かった。

### CO<sub>2</sub>分圧 (PCO<sub>2</sub>)

条件ごとの平均値を Figure 15 に示した。分散分析の結果、要因の交互作用が有意ではなく ( $F(6,42)=1.22, n.s.$ )、ペースメーカーの主効果が有意 ( $F(1,7)=45.82, p<.001$ ) で、PM 条件が高かったが、呼吸型の主効果は有意ではなかった ( $F(6,42)=2.46, n.s.$ )。

## 考 察

分時12回、一回換気量約830ml、分時換気量11ℓの安静時呼吸に対し、呼吸数6回、一回換気量約1200ml、分時換気量約8.2ℓの呼吸統制群は、全体として過少換気 (hypoventilation) 傾向であり、血中のO<sub>2</sub>が低下し、CO<sub>2</sub>が蓄積しやすい型といえる。

古くから呼吸量の増減による皮質の EEG 変動が報告され (Gibbs, 1940; 熊谷・酒井, 1963)、hypoventilation (過少換気) では、CO<sub>2</sub>分圧の上昇により、周波数は高頻度に移行し、低振幅速波の“arousal”で、肺胞換気が低下、pHも低下して酸性化する。一方、hyperventilation (過剰換気) では、CO<sub>2</sub>分圧の低下により、周波数が低頻度に移行し、高振幅徐波の“drowsy”で、肺胞換気が増大、pHは上昇してアルカリ化となる (Table 3)。本実験の結果、換気量は呼吸型全体に低下し、一回換気量は全体に増加傾向である。O<sub>2</sub>消費は2型・3型・4型で吸息止のない入息短の長呼吸や、長い吸息止の呼吸型で低下しやすい。CO<sub>2</sub>の排出は1型の深呼吸型が効果的である。 $\alpha$  time %は、ペースメーカーがある場合 (PM) は全体に低下、ペースメーカーなしの場合 (NPM) は、吸息止の長い4型の増加が目立つ。1呼吸の吸気：呼気：吸息止を2：2：4 (2.5秒：2.5秒：5秒) とした4型は、頻度50%で一回換気量の増大にもかかわらず分時換気量が減少し、遅呼吸 (bradypnea) 型に近い。遅呼吸は、一回呼吸経過が遅いのではなく、吸息期と呼息期は正常で、休止期が長い型で、中枢の興奮性が低下したときに起こりやすいといわれている。

PO<sub>2</sub>分圧は、1型の深呼吸型で増大、3型・4型・6型の呼息止型で低下しやすい。

PCO<sub>2</sub>分圧は止息のない深呼吸の1型、長呼吸の2型で低下が目立つ。

以上のような諸点から、調息には入息短、出息



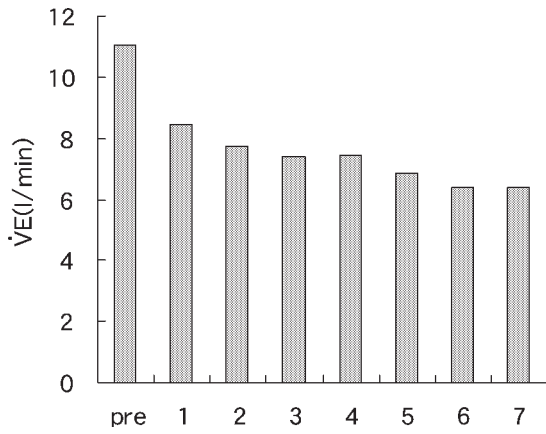


Figure 9 minute ventilation under breathing patterns

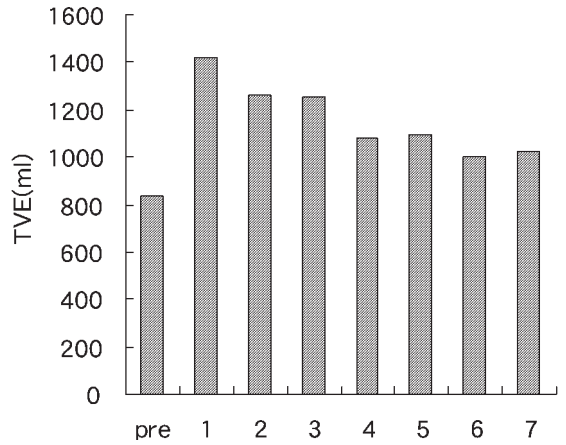


Figure 10 tidal volume under breathing patterns

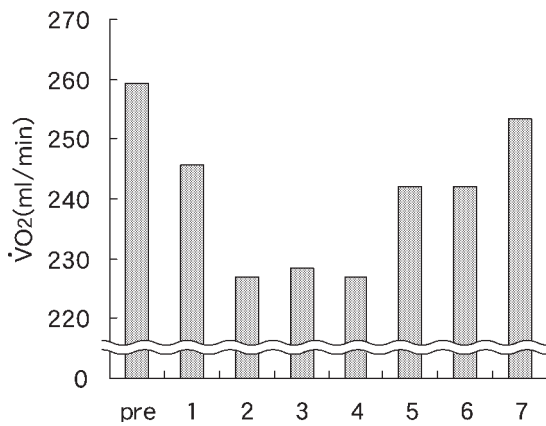


Figure 11 O<sub>2</sub> consumption under breathing patterns

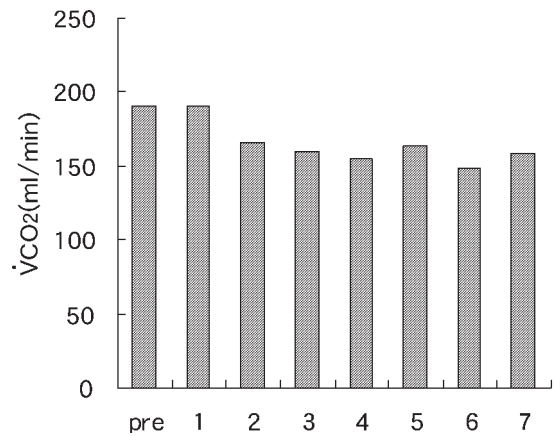


Figure 12 CO<sub>2</sub> elimination under breathing patterns

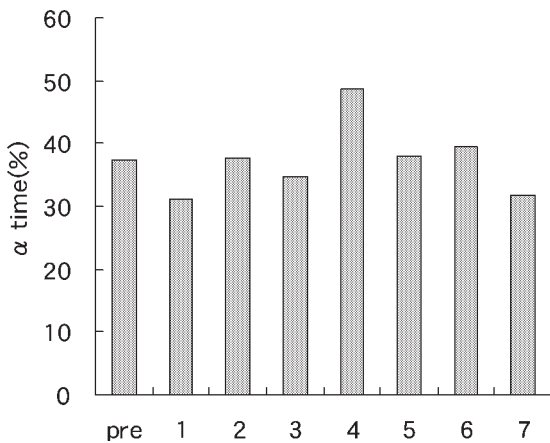


Figure 13 α per time under breathing patterns (non pace maker)

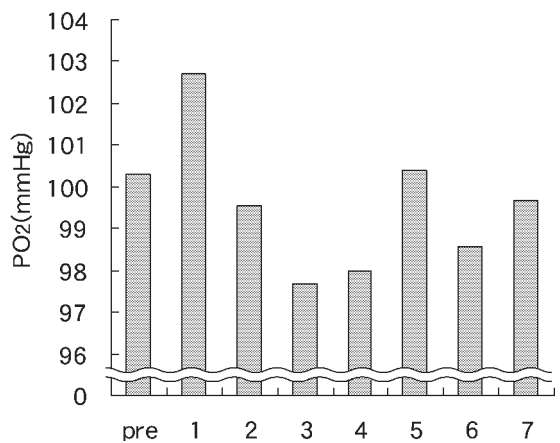


Figure 14 O<sub>2</sub> partial pressure under breathing patterns

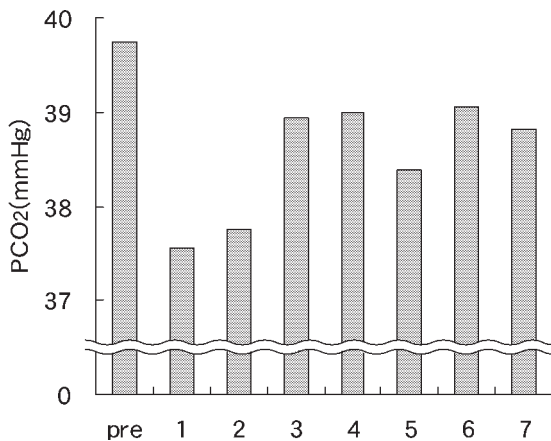


Figure 15 CO<sub>2</sub> partial pressure under breathing patterns

長で呼吸優位の深くゆったりとした、ゆるやかな呼吸調整が効果的であるといえよう。

吸息中枢の活動水準の上昇は、呼吸の数も深さも増大させると考えられるが、これに対して、無理なく静かに長く呼吸することは、大脳がこの意志的な中枢の興奮を低下せしめる。すなわち、呼吸中心の腹式呼吸調整は、吸息性緊張の高まりを

意識的に抑制する。

したがって「目覚めていながら低代謝」の瞑想状態に至るには、深くゆるやかな長呼吸の呼吸調整が必至となる。呼吸の調整は呼吸中心となり、統御しやすい呼吸数や分時換気量も低下する。また生態の恒常性（ホメオスタシス）の維持という点からも、一回換気量が増加することによってバランスがとれ、呼吸数が低頻度の無理な型の呼吸が保たれるのであるが、veteranの瞑想者は一回換気量が比較的に少なく、瞑想時の代謝の低い場合と一致することが多い。

本実験においては、吸息後の休止息なしの2型・3型・4型においてO<sub>2</sub>消費量が減少傾向である。α time %は、呼吸調整のペースメーカーがない随意呼吸の4型、吸息後の休止息が長い遅呼吸タイプ条件における増加が目立つ。呼吸中枢の活動を左右するのは、血液PCO<sub>2</sub>であり、CO<sub>2</sub>は呼吸中枢の興奮性を亢進させる。本実験では随意呼吸で止息のない長呼吸の2型でCO<sub>2</sub>分圧の低下が著しい。2型は古来、禅で説かれる入息短、出息長の典型であるが、他の呼吸条件においても、全体に過少換気傾向でありながら、CO<sub>2</sub>分圧が、低い傾向となった。この理由のひとつとして、肺胞換

Table 2 Means of respiratory measures, alpha time percent, and partial pressures under breathing pattern's

		$\dot{V}E$ (l/min)	TVE (ml)	$\dot{V}O_2$ (ml/min)	$\dot{V}CO_2$ (ml/min)	α wave (%)	PO <sub>2</sub> (mmHg)	PCO <sub>2</sub> (mmHg)
pre	M/SD	11.06/0.84	833.50/31.02	259.25/21.48	190.13/21.90	37.29/8.84	100.31/7.69	39.75/0.92
BP1	pace maker	8.86/0.80	1478.50/132.63	266.75/24.11	201.13/17.28	19.17/3.33	99.50/8.82	37.75/1.49
	non pace maker	8.06/0.43	1356.75/181.94	224.50/24.34	180.88/20.92	31.25/11.26	105.88/5.96	37.38/1.06
	total	8.46/0.74	1422.13/167.98	245.63/32.00	191.00/21.29	25.21/10.16	102.69/7.98	37.56/1.26
BP2		7.78/0.50	1259.25/91.63	229.25/21.61	165.38/16.98	23.54/6.75	93.00/2.78	38.38/0.74
		7.66/0.82	1266.13/288.94	224.63/30.91	165.50/24.75	37.71/10.98	106.13/3.64	37.13/0.64
		7.72/0.66	1262.69/207.10	226.94/25.88	165.44/20.50	30.63/11.45	99.56/7.47	37.75/0.93
BP3		7.59/0.60	1204.50/106.50	228.63/20.90	157.38/15.23	18.96/7.29	92.75/2.38	38.88/1.73
		7.16/0.78	1297.50/103.85	228.13/19.21	163.13/19.15	34.79/6.51	102.63/6.72	39.00/1.20
		7.38/0.71	1251.00/112.40	228.38/19.39	160.25/16.98	26.88/10.56	97.69/7.05	38.94/1.44
BP4		7.25/0.62	1086.00/172.04	231.38/23.49	153.63/19.16	22.29/10.00	89.88/2.59	39.75/1.83
		7.70/1.43	1078.50/182.70	222.75/36.43	156.38/34.88	48.75/13.05	106.13/2.90	38.25/1.04
		7.48/1.09	1082.25/171.48	227.06/29.94	155.00/27.22	35.52/17.69	98.00/8.80	39.00/1.63
BP5		6.41/0.62	1058.00/92.15	234.00/34.36	152.25/22.23	19.38/5.63	95.13/4.19	38.75/1.28
		7.34/1.92	1125.38/107.98	250.25/33.82	175.50/32.60	37.92/11.33	105.63/6.19	38.00/1.60
		6.88/1.46	1091.69/103.03	242.13/33.99	163.88/29.51	28.65/12.90	100.38/7.45	38.38/1.45
BP6		6.23/1.02	1000.00/147.73	242.38/56.57	146.13/32.36	28.33/12.63	91.25/6.14	39.75/1.49
		6.58/0.69	1003.25/126.53	241.50/46.61	150.75/27.01	39.58/7.60	105.88/6.45	38.38/2.56
		6.40/0.86	1001.63/132.89	241.94/50.07	148.44/28.89	33.96/11.62	98.56/9.70	39.06/2.14
BP7		5.95/0.76	995.5/129.77	245.75/35.33	147.00/25.12	22.50/8.26	92.88/6.10	39.25/2.43
		6.81/1.43	1047.38/168.67	261.13/52.25	169.25/42.72	31.88/6.51	106.50/5.83	38.38/1.92
		6.38/1.19	1021.44/147.83	253.44/43.81	158.13/35.75	27.19/8.66	99.69/9.10	38.81/2.17

Table 3 physiological changes in hypoventilation and hyperventilation

過少換気 hypoventilation	過剰換気 hyperventilation
arousal	drowsy
低振幅・速波 新皮質	高振幅・徐波 新皮質
高振幅・徐波 海馬	低振幅・速波 海馬
周波数 高	周波数 低
CO <sub>2</sub> 分圧上昇 多 (O <sub>2</sub> 分圧低下) 少	CO <sub>2</sub> 分圧低下 少 (O <sub>2</sub> 分圧上昇) 多
肺胞換気低下	肺胞換気増大
pH 低下・酸化	pH 上昇・アルカリ化

(熊谷・酒井, 1963)

気量の増加が可能性として考えられる。肺胞換気量の増加には、一回換気における死腔量、ことに機能的死腔量の減少が伴われる。すなわち、死腔の低下により肺胞換気量が増大し、結果的に、呼吸数と深さの組み合わせによるバランスが比較的効率の良い呼吸になったと思われるが、この過少換気 (hypoventilation) にもかかわらず、CO<sub>2</sub>分圧の不変あるいは低下傾向というのは、坐禅時の呼吸特性のひとつとして、必ずしも矛盾するものではない。しかし、坐禅時の呼吸と EEG とのかかりについて、すなわち新皮質 EEG の低周波、高振幅、徐波化 (drowsy)、PCO<sub>2</sub>低下、肺胞換気量増加、pH 上昇、アルカリ化、というのがその内容であるが、これらは一般には hyper-ventilation においてみられる特性であり、hypoventilation を特徴とする瞑想、坐禅にはなじまない点がある。換気と EEG との関係についても、hypo-arousal、hyper-drowsy という図式が瞑想-坐禅時にそのまま当てはまるのか、さらに検討を要する。実験においては瞑想時に似た結果として、EEG- $\alpha$  波の増加が、呼息止が長い 4 型と CO<sub>2</sub>分圧の低下や止息のない長呼息の 2 型で著しいことが明らかになった。どちらも呼息長を特徴とする瞑想時の呼吸として十分に意味あるものと考えられるが、呼吸間の休止期である止息の有無、という点では全く逆であり、この点は今後さらに検討すべき問題である。

### 総合的考察

身心の安定をもたらす瞑想時の呼吸は、深くゆったりとした呼息優位の腹式呼吸で、それは “wakeful and hypo metabolic” な状態を導き、

精神的、肉体的に最小の活動でありながら、睡眠やまどろみとは異なり、意識水準の維持のみならず、高まりをも生み出す。すなわち、「深い休息にありながら目覚めた機敏さを示す」(Wallace, 1971) とも言われている。

実験 1 において、われわれは呼吸頻度調整の代謝に及ぼす効果を検討するため、分時 3 回～24 回という、より現実的な呼吸条件を設定した。実験の結果、呼吸頻度の増減によって、O<sub>2</sub>消費が増加することはあっても、低下することはないことが分かった。したがって、調息による呼吸調整の効果は、単なる呼吸数の操作のみによるものではなく、調身調息調心、一連の総合的平衡によって、得られるものと考えられる。

また、安静時呼吸に対して分時 6 回の呼吸は、呼吸数が約半分、一回換気量が約 2 倍、分時換気量、O<sub>2</sub>消費量は大差がなく、「深くゆったりとした無理のない呼吸」であり、呼吸調整の基本としてふさわしいパターンといえよう。しかし、これが “快適な呼吸” (Sawada, 2000) であるか否か、客観的に明確な証拠は何もない。

調息による坐禅時の低代謝効果が、他の調身や調心の働きとあいまって、より効果的に実現するのと同様に、呼吸調整、調息自身においてもこの図式が当てはまる。たとえば、呼吸数の調整には単に頻度のみならず、換気の深さや呼吸型等との関わり合いを考慮しなければならない。生体の恒常性維持という点からも、呼吸の場合は特に、純粹に、ある要因に限って実験的に検討することがむずかしい。厳密に呼吸頻度の効果をみるには、深さを一定に、また深さの効果をみるには、頻度を一定にする必要がある。さらには、頻度及び深

さ、両者の増減や分時換気量の増減など、すべてが生理学的補償・代償の働きに関与し、被験者は実験的に対応が困難である。本実験においては、坐禅経験もあり、ガスマスクの装着にも慣れている被験者であったが、深さ（換気）の固定あるいは換気の変動を組み合わせた条件は、達成が困難であった。したがって、この間の呼吸機能及び意識状態の記録測定は、必ずしも本来の姿を反映しうるとはいいい難い面がある。

このような難点は、呼吸の自己統御が随意呼吸に依るか、強制呼吸に依るか、あるいはフィードバック法に依るかという問題にも連なる。心理学の立場からは、上記のような呼吸要因を独立変数とし、その操作によっていかなる結果・反応もたらされるか、とする手法が当然であろう。しかし、安易に設定された paced respiration の課題に対応できない被験者の場合、呼吸のもつ本来の特性を捉えることができず、単に、限定された場面における呼吸パフォーマンスにすぎなくなる。実際に、本実験において、より明確な結果を得るために設定した、種々の呼吸型や保息（止息）の組み合わせの場合とはかく、単一の同じ呼吸条件であっても、そこへ導くペースメーカーの有無によって結果が左右された。

また、設定した呼吸型の数と種類も問題となる。実験2においては、無理なくスムーズに実行可能という観点から、分時6回、1回10秒8拍のペース呼吸を設定した。深呼吸の1型を除き、基本的には吸息2拍に対する吸息止、呼息、呼息止の比率を変えた組み合わせを採用した。したがって、1拍の割り当て時間は1.25秒となる。他に、同じ1回10秒間の呼吸において、吸息2拍に対する別の呼吸位相として吸気：入息止：呼気を2：3：3（8型）、あるいは、5型の変型2：2：3：1、7型・8型の変型2：3：2：1等も設定可能ではあるが、実際には、リズムに乗りにくく、実行が困難であった。

このように、諸問題が残されてはいるが、結局、身心の安定をもたらす呼吸の仕方は如何なるものであろうか。本実験の結果に限れば、1型の吸息4拍、呼息4拍の深呼吸タイプ、2型の吸息2拍、呼息6拍の長呼息タイプと、4型の吸息2拍、呼息2拍、呼息止4拍の遅呼吸タイプが注目される。

1型の「深呼吸」のようなタイプは、ゆったりとした遅い呼吸で、分時換気量、O<sub>2</sub>消費量は低く、

CO<sub>2</sub>の排出も良い。“深呼吸”のような過剰換気の心配はないが、長い時間の瞑想に相応しい呼吸パターンとはいいい難い。2型は息間の休止がない長呼息型で、分時換気量の低下、一回換気量の増加、O<sub>2</sub>消費量の低下、CO<sub>2</sub>分圧の低下など、調息の特徴である低代謝の傾向となっているが、瞑想時特有のEEGの徐波化（EEG- $\alpha$ 波の増加）はない。4型は、普通の吸息、呼息の後の休止が長い遅呼吸（bradypnea）型で、「調息」による低代謝傾向に加えて、EEG- $\alpha$ 波の増加傾向もみられる。遅呼吸は、中枢の興奮低下の際に起こりやすい。この4型は、低換気、O<sub>2</sub>消費の低下、EEG- $\alpha$ 波の増加など、坐禅時の呼吸代謝に似た様相を示しているが、長呼息の2型と異なり、CO<sub>2</sub>分圧が比較的に高い。

このように、単に呼吸調整という点から観れば、休止息のない長呼息型と、普通呼吸後の長休止息のパターン、といえるが、いずれが最適か、定まった型は決められない。実際、身心の安定を目指す瞑想においては、相対する両型の有効な部分が、ともに活かされ実現している。したがって、瞑想時の特性に関して、確たる単一の立場からこれに対すると、説明困難な問題に直面することになる。

坐禅やヨガ等、瞑想時特有の生理的变化として、EEGの徐波化、代謝の低下などがよく知られている。坐禅とヨガにおける瞑想の測定で、笠松（1957）、及び、Bagchi & Wenger（1958）は、それぞれ、EEG- $\alpha$ 波の出現を確認したが、このEEG- $\alpha$ 波が何を意味するのか、見解が一致していない。笠松（1957）は、これを「東洋的非合理的思考ないし沈潜においてもたらされた大脳皮質の活動水準の低下した状態」を示すものとし、Bagchi & Wenger（1958）は、これを自動的に深い弛緩としながらも、一種の覚醒した脳活動を示すものとみなした。この二つの異なる見解は、瞑想における意識および身心の問題について、本質的問題を提起した。さらに平井（1960）は、「坐禅中は、大脳皮質の興奮水準の低下、つまり脳活動の低下を来し、緊張のとれた解放感、軽い抑制解放感、休息と類似した状況であり、生理的には、大脳皮質の興奮水準の低下によって脳幹の諸機能が一齐に解放された状態、即ち自律神経機能が優勢となった状態」と考えている。このような、瞑想時のEEGの徐波化の問題は、Wallaceのいう、“wakeful and hypo-metabolic state”が、「高覚醒・低代謝」なのか「低覚醒・低代謝」なのかと

いう問題に関わる。

熊谷・酒井 (1963) は、猫の EEG に関する実験を行い、人工呼吸器の調整による hypoventilation ならびに hyperventilation 状態下の EEG の変動を観察した。その結果、新皮質の EEG は、hyperventilation の場合、CO<sub>2</sub>分圧の低下を伴って、高振幅・徐波化が認められ、EEG 周波数の頻度が低い。hypoventilation の場合には、CO<sub>2</sub>分圧の上昇によって周波数が高頻度となり、EEG がほとんど低振幅・速波となる。また、海馬の EEG については、新皮質とは異なり、hyperventilation では低振幅で、特有の同期化した波がみとめられず、hypoventilation の場合には、海馬特有の同期化した高振幅・徐波がみとめられ、人工呼吸の条件如何によって EEG パターンが著しく変動し、それが横隔神経の活動電位と対応して現われることを確認した。また、hypoventilation の場合に、新皮質、ならびに海馬における EEG が、ともに“arousal”となる機構について実験を行ない、EEG の変動には、延髄が重要な役割を果たしていることを報告している (Table 3)。すなわち、端的に言えば、hypoventilation では、肺胞換気が低下し、pH の低下したアシドーシスで、EEG はいわゆる“arousal”となり、hyperventilation では肺胞換気の増大、pH の上昇、アルカローシスで、EEG は“drowsy”となる。

このような観点から、本実験における呼吸型をみると、2 型の場合は hypoventilation で、EEG 的には arousal に対応しているが、CO<sub>2</sub>分圧の上昇はない。4 型は、hypo-ventilation でありながら、EEG 的には drowsy に対応しているが、CO<sub>2</sub>分圧の低下がない。さらに、これまでの結果から、坐禅、ヨーガ等、瞑想の場合を観ると、hypoventilation で、新皮質における EEG は高振幅・徐波化となり、一般に脳波学的には“drowsy”となる。したがって、調息および調息をとまなう坐禅、ヨーガ等の瞑想においては、hypoventilation-arousal、hyperventilation-drowsy という図式が当てはまらない。瞑想時の EEG- $\alpha$  波が何を意味するのかは問題ではあるが、瞑想時の新皮質における周波数低下、高振幅・徐波化は、hyperventilation ではなく、hypoventilation によって惹起される。したがって、EEG における  $\alpha$ - $\beta$  の交替の図式など、従来の古典的、伝統的な理論は、必ずしも普遍的妥当性を有さず、その発現機序に

は、複数の生理的・心理的要因が関わっていることが考えられる。

調息及び調息による瞑想と安静時とでは、EEG- $\alpha$  波の出現が、異なる様式でなされることも考えられる。Oswald (1957) の報告の如く、スムーズな高度の思考には  $\alpha$  波、これが行き詰ったときには  $\beta$  波が出現するとすれば、EEG- $\alpha$  波出現時には大脳皮質の興奮水準が高まり、「非思量底を思量する」坐禅、瞑想時の“高覚醒-低代謝”も充分にあり得ることになる。一方、“低覚醒-低代謝”を唱える笠松 (1957) も、禅は「自覚の宗教」であり、坐禅やヨーガの修行は、自律性の身体機構を自己の自由意志の支配下においたもので、自力で脳興奮の低下をおこす過程であると考えている。さらに、半眼で目から入る外部の光刺激、あるいは、結跏、半跏等、調身による姿勢の保持によって、筋や関節など、末梢から適当な刺激が神経上行路を辿って脳内に送り込まれるために、脳が適当に興奮し、興奮の低下と上昇とが適度なバランスを保って、ある水準に脳活動が維持されており、これには調息の役割が大なることを説いている。

熊谷・酒井 (1963) の研究は、人工呼吸器の調節によって猫の脳波を検討したが、われわれ人間は、自らの意志的呼吸統御によって、身心の安定をもたらすことができる。意志的に呼吸の型を任意に変えられるのは、大脳皮質からの支配にほかならない。坐禅、ヨーガ等、瞑想時の滞ることのないきわめてなだらかな呼吸は一定の抑揚、リズムを合わせもっているが、それらは必ずしも意識されるとは限らない。この場合、呼吸は抑相で吸息は揚相にある。一般の安静時呼吸では、吸息が能動的で緊張相、呼息が受動的で弛緩相であり、吸息中枢の活動水準が上がると呼吸数も深さも増加する。ところが、坐禅およびヨーガ等、瞑想時の調息は、呼息が主となる緊張相で能動的である。瞑想時の調息は呼息中心の横隔膜運動であり、静かに長く呼吸することによって、吸息性緊張の高まりを抑制することができる。

呼吸中枢延髄には、新皮質の EEG に対して抑制的に作用する機構のあることが知られている (Bonvallet, 1961) が、延髄における活性が直接、皮質に投射されて周期的変化が惹起されたと考えられるよりも、より高位の中枢における活動が延髄から支配されているため、新皮質における burst が

横隔神経の活動電位と常に一致した反応を示す、とも考えられる(熊谷・酒井, 1963)。これらの研究は、新皮質と海馬、あるいは、自律機能と EEG、呼吸の三者が密接な関係にあることを示している。このように観てくると、調息をとまなう瞑想時の EEG の徐波化、高電圧傾向や呼吸代謝の低下等、生理学的変化の問題には、坐禅やヨガ等、瞑想独自の特異性を充分に考慮する必要があるように思われる。

坐禅の調身調息調心は、文字通りの統御、コントロールであって、古来、東洋では自律神経系の有意的支配が実践されてきた。それは、西洋が徹底して意識的な統御を実行するのに対して、直接的な意識の統御を全く行わない。意識の統御が無意識的に、自動的になる。この意味で、いわば「統御しない統御」を特質とする。すなわち、禅の調心とは「何もしないことをする」のである。坐禅の要術を解いた『坐禅儀』や『弁道法』には、「静室」、「放捨諸縁」、「休息万事」というように、先ず外部刺激に対する環境系、感性系を調整することが述べられており、さらに、結跏・半跏趺坐等「正身端坐」の運動系は調心、「鼻息微通」、「鼻息任通、不端不声、不長不短、不緩不急」の自律神経系は調息、「不思善惡、莫管是非、停心意識之運轉、止念想觀之測量、莫図作仏」の中樞意識作用は調心、「非思量」、「正念」は中枢情報処理系、にそれぞれ該当することが端的に示されている。

秋重(1974)は、外的刺激の効果や結跏趺坐等、姿勢を維持する「調身」および呼吸を主とする「調息」の働きを“守意の法則”、すべての思慮分別を捨てて非思量底を思量する「調心」の働きを“捨意の法則”とよび、「この守意と捨意との法則によって、上位中枢はきわめて高い平衡に達し、下位中枢を擾乱する命令も発せられない。このため、上位、下位中枢の支配下にある全身心の機能はきわめて良好な平衡状態に達する」と述べている。すなわち、ある領域における注意(守意)作用は、他の領域の興奮を抑制(捨意)する作用があり、皮質の一方の興奮は他方の興奮を抑制し、そこに平衡が生ずる、というものである。また、脳幹にある自律神経系の中樞は、上位中枢からの命令がない場合は、自律的に恒常性(ホメオスタシス)、すなわち生体の平衡性を維持することが知られている。このように捨意の法則の下にある「放捨諸縁、休息万事、……莫図作仏」の事柄の性質、およ

び守意の法則の下にある遂行活動の自律性、無目的の性的事実を考慮するとき、最終的にもたらされた平衡性は、全身心の放下脱落に基づく究極的な高次元のものである(秋重, 1973)ことが分かる。このような内的、動的平衡の進んだ状態は、「単なる受動的性質のものとは異なり、能動的、積極的心的態度の表現」(秋重, 1963)であって、本来の根源的な脳機能が発揮される、大脳皮質と脳幹部機能の特殊な平衡から生じ、深められた意識状態、といえよう。

坐禅時の生理的变化の特徴として、大脳皮質の興奮—抑制と、他方、皮質の抑制を脱した、脳幹部に中枢をもつ自律神経系の機能亢進、の二つが挙げられる。一般に、皮質興奮水準の低下によって、自律神経の機能が亢進すると考えられてきた。しかし、EEG- $\alpha$  出現の多義性や、脳機能の能動性等を考慮に入れ、これまで検討してきた種々の事例を改めて考察すると、大脳皮質と自律神経との関係は、「対抗関係としてとらえるよりも、この両者の有機的な平衡関係、それも、より動的な高次の平衡関係の維持という方向でとらえる必要があるように思われる。すなわち、両者の動的な平衡を仮定するならば、「一方が高まって、他方が低下するばかりでなく、両方とも高まり、両方とも低下することの可能性」(山岡, 1971)も、同時に考えてみる必要があろう。

われわれは、あたかも天秤やシーソーのような視点から、科学的、客観的に物事をはかろうとする。それは棹の中天を支点とし、両端の一方に測定しようとするもの、他方に分胴をのせ、棹が水平になればものの質量がわかる、というものであるが、「身心脱落、脱落身心」の如く、まさに枠組、関係系をはずす瞑想の過程は、固定された「支点」を自分自身で移す作業に他ならない。絶対的支点が定まらないということは、それに応じて力点、作用点も変化が伴われることになり、当然、水平(平衡)に至る仕様も限りなく、人それぞれのやり方で調節がなされることになる。したがって、この種の実験は、視点のみならず、「支点」をも変えうる被験者と、「支点」を変えて、みる目をもつ実験者とが、基本的に不可欠な条件となる。また、得られた結果について、微妙複雑なる平衡状態における位相、様相の変化が、何の方向に移行するのか、個々の起点(基点)をおさえたとうえでの解釈が必須となろう。それ故、瞑想時特有の個々の

結果をまとめ、皆一様に对照群のそれと比較し、数的処理の末、結論するという“科学的方法”が、瞑想の独自性の理解に対して、適切なる手段であるとは必ずしもいい得ない。

本実験において、われわれは、呼吸調整(調息)に及ぼす頻度、深さ、型等の効果の検討を通して、身心に、より良い呼吸を探求してきたが、調息に及ぼす調身の効果を検討した先行の実験(茅原, 1992, 1996)と同じ方向に目を注ぐことになった。すなわち、調息による呼吸調整の効果は、単に、数や型を変化させることによるものではなく、調身・調息・調心一連の、総合的平衡による、というものである。調息の特性は、それ単独でも、意識的に姿勢を統御する調身や、意識的な統御をやめる、という調心の働きとあいまって、より効果的に実現される。瞑想に特有な EEG- $\alpha$  波の増加や代謝の低下など、これらの統制の過程は、そのまま、一連の禅的行為遂行過程の統制につながる。「高覚醒—低代謝」の瞑想時特有の動的平衡関係にある意識状態は、「純粹意識」, 「サマーディ」などとよばれ、「眠気を伴わない全身的な弛緩と、自我意識を伴わない全般的注意との微妙な平衡」(Kiefer, 1970), あるいは端的に「深い休息, 内的目覚め」と表現されている。瞑想時の“覚醒”は表に出ない“秘めたる覚醒”であり, 「高覚醒—低代謝」の問題は、今後さらに検討を要する課題である。また、瞑想時の「深い休息」は、日常の単なる安静休息とは異なり、意識から無意識的、自動的に、覚醒から反覚醒に非ざる覚醒、自覚へ、というような、何も統御しない統御(調心)のもとに実現するのであり、その意味において、“自己を忘れ、息を忘れる”, “自休自息”といえよう。そこに、我々は呼吸とひとつ、息そのものに、なりきるのである。

坐禅、ヨーガ、瞑想等、この種の非日常的で、一般的に未知なる身心状態を研究するに際して、実験上、種々の無理、斑、徒の難題が伴い、不明かつ困難な問題が多々残されている。本実験は、呼吸ガス代謝の測定により調息の効果を検討した、予備的、試験的研究報告であり、被験者、実験条件、方法等、不十分な点が数多いが、今後、これらの改善に留意し、上述の如き諸問題の検討をさらに進めたい。

## 引用・参考文献

- 秋重義治 (1963). 禅の医学的心理学的研究 日本心理学会第 27 回大会発表論文集, 348.
- 秋重義治 (1972). 調身・調息・調心—呼吸と緊張弛緩の要因について—(駒澤大学)教化研修, 15, 91-93.
- 秋重義治 (1973). 調身調息調心—第四報告—禅定の成立と捨意・守位の法則—(駒澤大学)教化研修, 16, 123-124.
- Bagchi, B. K., & Wenger, M. A., (1958). Simultaneous EEG and other recordings during some yogic practices. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 10, 193.
- Bonvallet, M., & Dell, P. (1961). Bulbar control of cortical arousal. *Science*, 133, 1133.
- Cappo, B. M., & Holmes, D. S. (1984). The utility of prolonged respiratory exhalation for reducing physiological and psychological arousal in non-threatening and threatening situations. *Journal of Psychology Research*, 28(4), 265-273.
- 茅原 正 (1992). 瞑想時の体位と呼吸機能 応用心理学研究, 17, 21-28.
- 茅原 正 (1996). 呼吸の統御に関する心理生理学的研究—瞑想時の体位と呼吸機能 (II)— 宗教学論集 駒沢宗教学研究會編, 19, 261-279.
- Denot-Ledunois, S., Vardon, G., Perruchet, P., & Gallego, J. (1988). Effects of voluntary changes in breathing frequency on respiratory comfort. *Biological Psychology*, 49, 71-82.
- Eisen, A. R., Rapee, R. M., & Barlow, D. H. (1990). The effects of breathing rate and pCO<sub>2</sub>-sub-2 level on relaxation and anxiety in a non-clinical population. *Journal of Anxiety Disorders*, 4(3), 183-190.
- Fried, R. (1987). Relaxation with biofeedback-assisted guided imagery : the importance of breathing rate as an index of hypoarousal. *Biofeedback and Self Regulation*, 12, 273-279.
- Gibbs, F. A., Williams, O., & Gibbs, E. L. (1940). Modification of the cortical frequency spectrum by changes in CO<sub>2</sub>, blood sugar and O<sub>2</sub>. *Journal of Neurophysiology*, 3, 49.
- 平井富雄 (1960). 坐禅の脳波的研究—集中性緊張開放による脳波変化— 精神神経学雑誌, 62(1), 76-105.
- 笠松 章 (1957). 脳波と東洋の沈潜 禅とヨーガによる実験 精神身体医学講座, 4 病気と心 日本教文社 Pp.73-88.
- Kiefer, D. (1970). EEG alpha feedback and subjek-

- tive states of consciousness. *An International Journal of Psychology in the Orient*, **14**(1), 3-14.
- 熊谷 洋・酒井文徳 (1963). 脳波に及ぼす呼吸の影響 神経進歩, **7**(3), 65-74.
- Montgomery, G. T. (1994). Slowed respiration training. *Biofeedback and Self Regulation*, **19**, 211-225.
- Oswald, I. (1957). EEG., Visual imagery and attention. *Quart. exp. Psychol.*, **9**, 113-118.
- 榊原雅人 (2003). 呼吸のコントロールが脳波  $\alpha$  波に及ぼす効果 東海学園大学研究紀要 人文学・健康科学研究編, **9**, 107-116.
- Sawada, Y. (2000). A preliminary study of the comfort of paced respiration. *Japanese Psychological Research*, **42**, 123-127.
- Sugi, Y., & Akutsu, K. (1968). Studies on respiration and energy-metabolism during sitting in Zazen. *Research Journal of Physical Education* (体育学研究), **12**(3), 190-206.
- Wallace, R. K., Benson, H., & Wilson, AF. (1971). "A Wakeful Hypometabolic Physiologic State". *American Journal of Physiology*, **211**, 795-799.
- 山岡哲雄 (1971). 坐禅の心理生理学的研究—脳電図による考察— 駒澤社会学研究 2・3 合併号, 17-36.