

α 波フィードバック時の呼吸活動

堀 直人・小室 央允・猪俣 裕・茅原 正

Respiratory activity during alpha-feedback

Naoto Hori, Hisayoshi Komuro, Hiroshi Inomata, and Tadashi Chihara
(Department of Psychology, Komazawa University)

KEY WORDS: breathing regulation, respiratory rate, expiratory time, alpha-feedback

我々は呼吸活動によって、身体や感情を意図的に統制しようと試みる。これは、呼吸活動と身体や感情とが密接な関係を持つと経験的に理解しているからである。梅沢 (1994) は調査の結果、最も多用されているリラクセーション方略は呼吸調節であると報告している。しかし、呼吸は生理測定においてアーチファクトとなり、わずらわしい存在と考えられていたために、あまり取り挙げられてこなかった (Grossman, 1983)。また長野・児玉 (1999) は、呼吸活動の測定に関わる問題点について、呼吸活動は随意制御することも可能であるため、他の指標同様に純粋な自律反応として扱いくい。一般的に利用できる方法が、分時呼吸数の測定のみである。様々な負荷に対して、必ずしも一貫した変化を示さないというような点を挙げている。また、呼吸は多様な変化を示すため、呼吸数と一回換気量という伝統的な生理心理学における呼吸指標だけでは、呼吸変動の全体を捉えることが難しい (Wientjes, Grossman & Gaillard, 1998) という指摘もある。

古来、禅やヨーガ等、瞑想における集中法として、様々な呼吸調節が行われてきた。笠松(1957)は熟達した禅僧の坐禅中には連続的に α 波が出現すると報告し、平井(1961)は α 波の増加に加え、呼吸数が著しく減少することを報告した。さらに、Sugi & Akutsu (1968)の研究において、経験豊かな禅僧は坐禅中に、呼吸数の低下、腹式呼吸の優位、一回換気量の増加、分時換気量の低下、呼息の延長、酸素消費量の低下、呼吸商の安定等、代謝の低下を示した。また、竹内(1991)は、坐禅経験者は坐禅中に α 波が増加し、呼吸数の低下と呼気時間の延長を示し、自然呼吸に戻る

と α 波が減少すると報告した。さらに、茅原(1996)は瞑想なしで自然呼吸の坐禅は瞑想時特有の代謝の低下をもたらさず、逆に換気と酸素消費量が増大することを報告した。このような結果から、瞑想という精神活動に伴う徐波化と、代謝の低下を示す呼吸活動との間には関連性のあることがうかがえる。

坐禅といった特殊な場合によらなくても同様の報告がある。徐波化と人間の意識との関連性を研究したKamiya (1968)は、被験者が α 波出現時と非出現時とを弁別することができるようになり、弁別学習成立後には、 α 波出現状態と非出現状態を意図的にコントロールできるようになったと報告している。さらに聴覚性フィードバック信号によっても α 波をコントロールできるようになり、 α 波出現時は平静・落ち着き・注意集中の状態であり、とても良い意識状態であるという被験者からの内省報告を受けた。Kamiyaはリラックスしている者ほど α 波が出現しやすく、意識と脳波との間に関連性があるのではないかと述べている。同様に、Nowlis & Kamiya (1970)においても、 α 波フィードバック訓練の効果が有効であり、 α 波を維持しているときは、精神状態が良好であるという被験者の報告がある。さらに、Timmons, Salmay, Kamiya & Girton (1972)は脳波の揺らぎと呼吸の揺らぎが類似しているとし、 α 活動で特徴付けられる安静覚醒状態は、腹式呼吸優位の呼吸パターンであることを明らかにした。古満・柿木(1990)の脳波のフィードバック訓練では、 α 波のフィードバック信号制御方略として、呼吸制御方略がほとんどの被験者から報告されている。荒井・靱山・小林(1999)は、呼吸

法を用いることで α 波が増加し、陸上競技の成績が上がったことを報告した。これは、山岡(1985)による、 α 波フィードバックにおける α 波の統制は、脳波の直接的統制ではなく、精神・身体状態を統制することによる間接的統制であるとする考えに近いと言えるだろう。しかし、最適な呼吸パターンや呼吸調整の方略に関しては様々な考え方があり、一致していない。梅沢・寺井(2001)は、ゆっくりとした、呼気の長い腹式呼吸がリラクゼーションを反映した呼吸パターンの最大公約数であるとした。榊原(2003)は、呼吸のコントロールが徐波化を引き起こすことを報告しているが、呼吸パターンによる効果に差がみられないことも報告している。すなわち、意図的な呼吸統制が徐波化に有効であることは証明されたが、統制の方略に関しては検討の余地が残されている。また、清水・大塚・平田・小林・高木・斉藤(1978)は、 α 波フィードバック学習において、呼吸数と α 量との間に負の相関がみられると報告した。しかし、清水・岡本・真来・浜口・松浦・坪内(1985)の研究では、 α 波フィードバック学習において、 α 波と心拍数や呼吸数との間に関連性がみられなかった。また、脳波の変動と心拍や呼吸の変動とが一致しないことから、脳波は心臓血管系の活動や呼吸活動から独立している(Beatty & Kornfeld, 1972)とする報告もある。このように α 波フィードバック学習の実験において、呼吸活動の結果に一致がみられないことは、呼吸を指標とすることの困難さを示している。

本実験では、精神の安定に連なる除波化をもたらす呼吸調節が、聴覚性の α 波フィードバック時に、いかに実行されるかを検討することとした。また、呼吸変動の把握は、呼吸の量的側面である呼吸数や換気量のみによる測定では不十分であることから、質的側面であるガス分析をも加え、より詳細に呼吸と脳波との関係を考察する。 α 波フィードバックは経験をつんだ者がより有効であり、また呼気ガスを測定するために装着するガスマスクは被験者にストレスを与える(Bloch, Barandun & Sackner, 1995)ことから、フィードバック訓練の経験を有し、かつガスマスクに慣れている被験者による、単一被験体法を用いた。

方 法

本実験では、脳の活動の分析として α 波出現率

(α time %)を指標とし、呼吸活動の分析については分時換気量 (minute ventilation; $\dot{V}E$)、一回換気量(tidal volume; TVE), 呼吸数(respiratory rate; RR), 酸素消費量 (O_2 consumption; $\dot{V}O_2$), 二酸化炭素排出量 (CO_2 production; $\dot{V}CO_2$), ガス交換比 (respiratory exchange ratio; R), 吸気時間 (inspiratory time; T_i), 呼気時間 (expiratory time; T_e), 呼吸時間 (total respiratory time; T_{tot}), 呼吸比 (ratio of expiration to inspiration; T_e/T_i) を指標として測定した。

被験者

α 波フィードバック訓練の経験を有し、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50歳, 身長171cm, 体重71kg)を被験者とした。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い、計6回測定した。実験室内の平均気温は $22.7 \pm 1.5^\circ C$, 平均湿度は $58.5 \pm 5.6\%$, 平均気圧は 750.3 ± 3.0 mmHgであった。

装置と記録

α 波の測定及びフィードバックには、フューテックエレクトロニクス株式会社製のBIOFEEDBACKSYSTEM 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。フィードバック信号には、パルラックスIIに内蔵されたフィードバック音(雨だれ, せせらぎ, 金属音, とんびの鳴き声, 鳥のさえずり, せみの鳴き声)を使用し, 出現した α 波の記録はBIOFEEDBACKSYSTEM 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によって行った。 α 波フィードバック音の発生及び α 波の記録は、 $7.5 \mu V$ 以上の α 波のみに限定した。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-300 S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。

手続き

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。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。

まず、フィードバックを与えない安静状態(pre feedback, 以下 pre)を10分間測定した後、 α 波出現時に聴覚性のフィードバックを与えるフィードバック試行(feedback, 以下 FB)を20分間測定し、FBの測定の後に再度安静状態(post feedback, 以下 post)を10分間測定した。

結 果

Table 1は時間経過に伴う各呼吸指標と α 波出現率の平均及び実験全体を通しての各呼吸指標の平均と α 波出現率の平均を示した。Table 2は条件別の各呼吸指標と α 波出現率の平均値を示した。各呼吸指標及び α 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Scheffeの方法による多重比較を各呼吸指標で行った。ただし、等分散が認められなかった場合は、Friedman検定を行った。

分時換気量 ($\dot{V}E$)

条件ごとの平均値をFigure 1に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、条件の主効果が有意だった($\chi^2=52.46$, $df=2$, $p<.01$)。多重比較の結果、pre条件とFB条件間において、FB条件で有意な低下が認められた($p<.01$)。また、pre条件とpost条件間において、post条件で有意な低下が認められた($p<.01$)。FB中に分時換気量の減少が生じた。

一回換気量 (TVE)

条件ごとの平均値をFigure 2に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、条件の主効果が有意だった($\chi^2=9.34$, $df=2$, $p<.01$)。多重比較の結果、pre条件とpost条件間において、post条件で1回換気量の有意な低下が認められた($p<.01$)。

呼吸数 (RR)

条件ごとの平均値をFigure 3に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、条件の主効果が有意だった($\chi^2=6.46$, $df=2$, $p<.05$)。多重比較の結果、pre条件とFB条件間において、FB条件で有意な低下が認められ($p<.05$)、FB中に呼吸数の減少が生じた。

酸素消費量 ($\dot{V}O_2$)

条件ごとの平均値をFigure 4に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、条件の主効果が有意だった($\chi^2=48.81$, $df=2$, $p<.01$)。多重比較の結果、pre条件とFB条件間において、FB条件で有意な低下が認められた($p<.01$)。また、pre条件とpost条件間において、post条件で有意な低下が認められた($p<.01$)。FB中に酸素消費量の減少が生じた。

二酸化炭素排出量 ($\dot{V}CO_2$)

条件ごとの平均値をFigure 5に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、条件の主効果が有意だった($\chi^2=31.24$, $df=2$, $p<.01$)。多重比較の結果、pre条件とFB条件間において、FB条件で有意な低下が認められた($p<.01$)。また、pre条件とpost条件間において、post条件で有意な低下が認められた($p<.01$)。FB中に二酸化炭素排出量の減少が生じた。

ガス交換比 (R)

ガス交換比とは、酸素消費量と二酸化炭素排出量との比であり、値が大きくなると負荷がかかっているという指標になる。

条件ごとの平均値をFigure 6に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、いずれの条件間においても有意差は認められなかった($\chi^2=2.59$, $df=2$, n.s.)。

吸気時間 (Ti)

条件ごとの平均値をFigure 7に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、いずれの条件間においても有意差は認められなかった($\chi^2=3.95$, $df=2$, n.s.)。

呼気時間 (Te)

条件ごとの平均値をFigure 8に示した。Kruskal-Wallis検定の結果、条件の主効果が有意だった($\chi^2=13.84$, $df=2$, $p<.01$)。多重比較の結果、pre条件とFB条件間において、FB条件で有意な上昇が認められた($p<.01$)。また、FB条件とpost条件間においてpost条件で有意な低下が認められた($p<.05$)。FB中に呼気時間の延長が生じた。

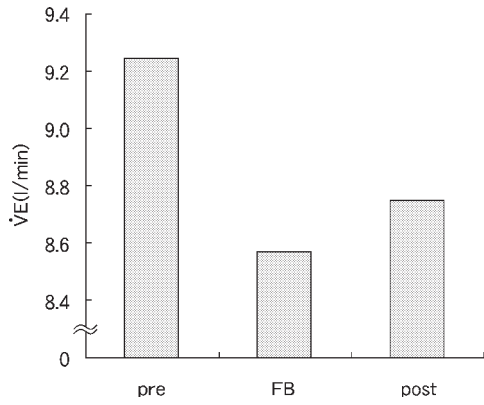


Figure 1 minute ventilation

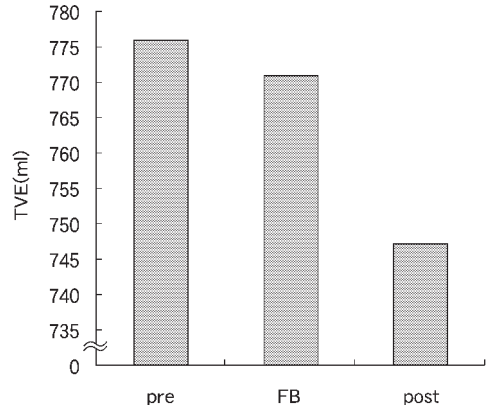


Figure 2 tidal volume

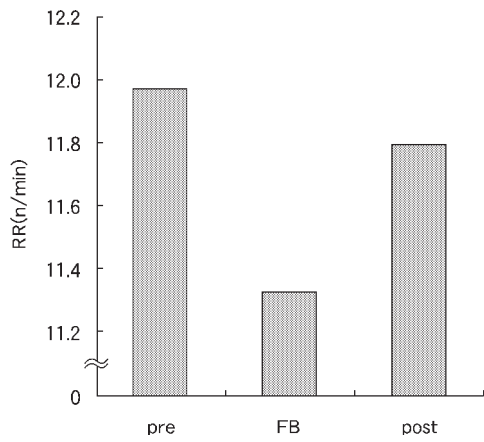


Figure 3 respiratory rate

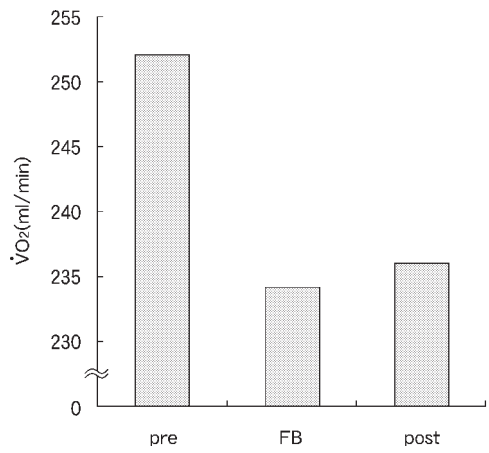


Figure 4 O₂ consumption

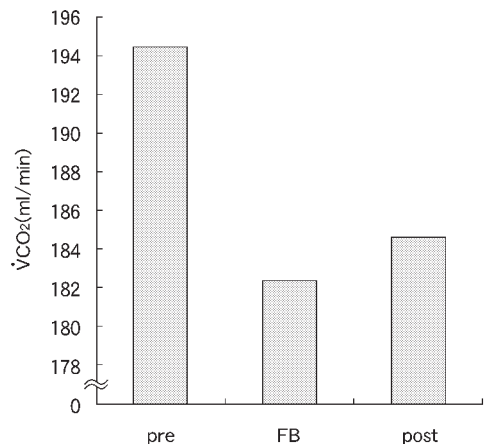


Figure 5 CO₂ elimination

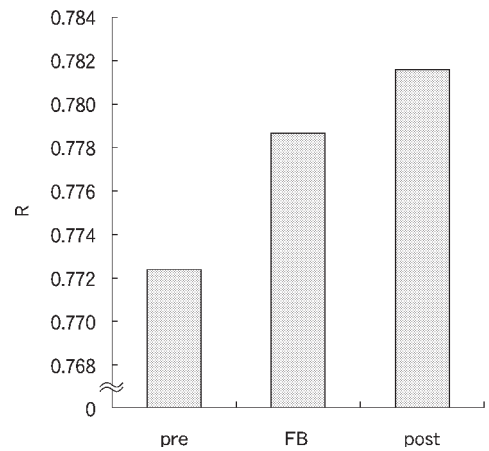


Figure 6 Respiratory exchange ratio

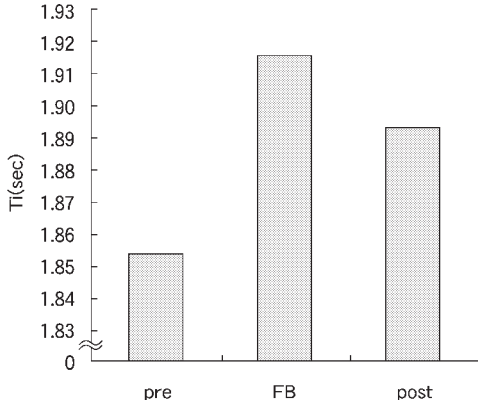


Figure 7 Inspiratory time

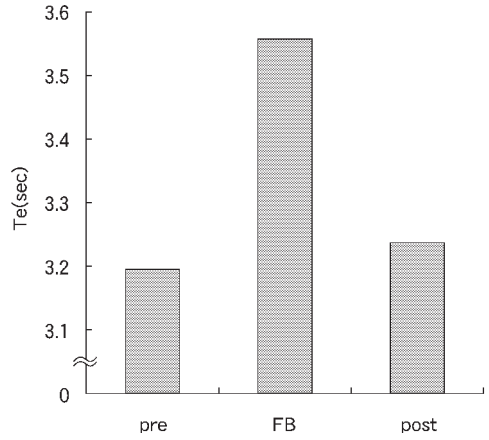


Figure 8 Expiratory time

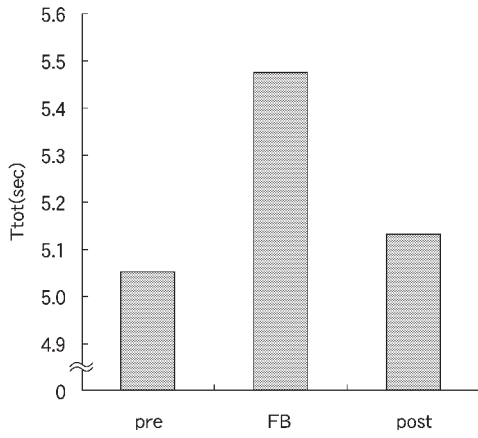


Figure 9 Total respiratory time

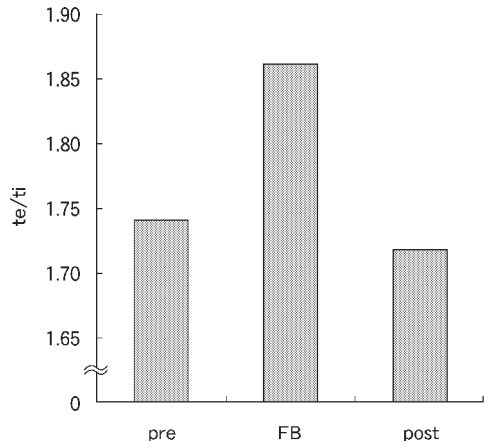


Figure 10 Ratio of inspiration to expiration

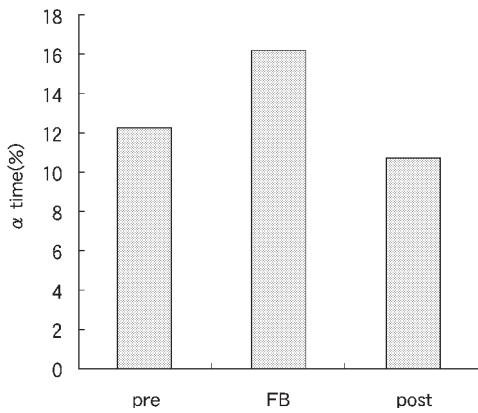


Figure 11 α per time

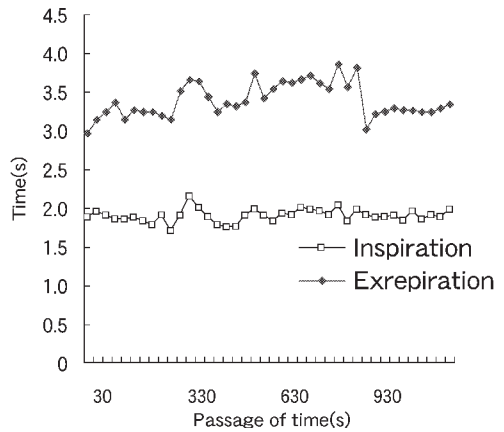


Figure 12 Inspiratory/expiration time in FB

Table 1 Mean respiratory measures and alpha time percent

	time (sec)	$\dot{V}E$ (l/min)	TVE (ml)	RR (n/min)	$\dot{V}O_2$ (ml/min)	$\dot{V}CO_2$ (ml/min)	R	Ti (sec)	Te (sec)	Ttot (sec)	Te/Ti	α wave (%)
per	30	10.17	801.33	12.70	285.50	217.17	0.76	1.81	2.94	4.75	1.63	
	60	9.48	780.83	12.13	267.67	202.00	0.76	1.97	2.99	4.97	1.52	5.00
	90	9.20	783.67	11.77	260.50	196.00	0.75	1.98	3.15	5.13	1.60	
	120	9.73	820.83	11.88	278.17	211.50	0.76	1.92	3.15	5.08	1.64	11.39
	150	9.07	778.33	11.65	248.50	191.50	0.78	1.90	3.27	5.17	1.76	
	180	9.27	788.67	11.83	259.83	198.17	0.76	1.89	3.23	5.12	1.72	13.16
	210	9.15	799.50	11.48	252.50	195.83	0.78	1.85	3.39	5.24	1.85	
	240	9.08	781.83	11.63	250.50	191.67	0.77	1.86	3.35	5.20	1.80	8.33
	270	9.15	751.33	12.27	246.33	190.83	0.77	1.84	3.08	4.92	1.68	
	300	9.35	793.67	11.82	260.00	199.83	0.77	1.88	3.22	5.10	1.72	12.78
	330	9.22	799.83	11.65	252.17	196.83	0.78	1.93	3.27	5.20	1.72	
	360	8.90	750.83	11.92	240.00	185.50	0.77	1.82	3.25	5.07	1.81	12.78
	390	8.92	757.83	11.83	242.50	186.50	0.77	1.75	3.37	5.12	1.94	
420	9.38	781.33	12.05	250.50	196.67	0.78	1.91	3.09	5.00	1.63	15.56	
450	9.35	790.67	11.90	254.83	199.33	0.78	1.77	3.33	5.10	1.88		
480	9.60	785.50	12.30	252.67	200.83	0.80	1.77	3.16	4.93	1.79	16.11	
510	9.05	788.00	11.57	239.17	189.50	0.79	1.98	3.24	5.22	1.65		
540	9.00	744.33	12.12	235.50	184.67	0.79	1.83	3.15	4.98	1.75	11.11	
570	8.95	726.50	12.38	232.67	179.67	0.77	1.73	3.15	4.98	1.84		
600	8.90	714.00	12.60	233.50	176.50	0.76	1.69	3.14	4.83	1.86	15.28	
FB	30	8.45	721.17	11.97	219.83	172.33	0.78	1.87	3.30	5.16	1.75	
	60	8.73	800.83	11.17	245.50	190.00	0.77	1.92	3.70	5.62	1.90	10.83
	90	8.52	775.17	11.32	236.67	182.17	0.77	1.99	3.52	5.51	1.77	
	120	8.13	787.50	10.55	228.83	174.17	0.76	2.31	3.77	6.08	1.78	15.56
	150	9.02	850.67	10.92	257.00	201.00	0.78	2.08	3.66	5.74	1.76	
	180	8.37	769.33	10.90	225.50	177.50	0.79	1.92	3.62	5.54	1.91	14.27
	210	8.48	742.83	11.40	229.00	177.17	0.77	1.94	3.34	5.29	1.73	
	240	8.18	723.17	11.37	221.00	168.50	0.76	1.84	3.51	5.35	1.92	15.00
	270	8.97	752.83	12.02	248.17	189.33	0.76	1.78	3.26	5.04	1.84	
	300	9.13	758.67	12.15	247.00	191.67	0.78	1.79	3.24	5.03	1.81	15.84
	330	8.83	748.83	11.78	235.67	184.00	0.78	1.80	3.36	5.16	1.89	
	360	8.57	718.00	12.00	224.50	175.17	0.78	1.72	3.33	5.05	1.94	15.00
	390	8.32	702.17	11.95	223.33	170.50	0.76	1.70	3.37	5.07	1.98	
	420	8.62	724.67	12.03	240.67	181.00	0.76	1.82	3.25	5.07	1.80	12.50
	450	9.07	792.00	11.53	246.50	193.67	0.79	1.91	3.33	5.24	1.75	
	480	8.83	777.67	11.47	235.00	186.83	0.80	1.90	3.39	5.30	1.80	17.50
	510	8.83	773.17	11.63	232.50	185.00	0.80	1.89	3.48	5.37	1.82	
	540	8.03	793.00	10.47	221.17	173.00	0.78	2.04	4.00	6.04	1.96	16.67
	570	8.73	767.17	11.53	237.50	184.17	0.78	1.94	3.35	5.29	1.73	
	600	8.33	737.33	11.35	226.67	175.50	0.77	1.86	3.47	5.33	1.88	15.00
630	8.92	766.00	11.80	243.83	188.83	0.77	1.79	3.40	5.19	1.89		
660	8.80	801.17	11.10	245.83	191.67	0.78	1.84	3.68	5.53	2.00	17.22	
690	8.93	796.83	11.57	242.33	190.50	0.79	1.97	3.48	5.45	1.78		
720	8.27	747.83	11.38	221.50	173.67	0.78	1.89	3.80	5.69	1.95	20.55	
750	8.92	778.67	11.75	239.83	188.70	0.78	1.81	3.50	5.31	1.93		
780	8.80	822.67	11.00	239.50	191.33	0.80	1.99	3.74	5.73	1.87	16.11	
810	8.57	801.00	11.15	232.83	183.17	0.79	1.98	3.80	5.78	1.90		
840	8.53	778.50	11.35	231.00	182.17	0.79	2.02	3.52	5.53	1.75	18.33	
870	8.07	752.67	11.12	219.00	170.67	0.78	1.99	3.66	5.69	1.82		
900	8.45	784.17	11.05	234.83	182.67	0.78	1.98	3.76	5.73	1.89	17.78	
930	8.25	772.83	10.97	233.67	178.67	0.77	2.03	3.70	5.73	1.83		
960	8.87	785.17	11.50	243.50	191.00	0.78	1.87	3.50	5.37	1.87	16.94	
990	8.28	768.83	10.98	227.17	178.00	0.78	2.02	3.60	5.62	1.79		
1020	8.52	735.67	11.63	231.67	179.67	0.78	1.80	3.46	5.25	1.92	18.89	
1050	8.37	800.67	10.63	229.00	180.00	0.79	1.98	3.86	5.84	1.94		
1080	8.13	797.00	10.35	226.67	176.83	0.78	2.07	3.86	5.92	1.88	13.33	
1110	8.45	775.17	11.20	230.50	180.50	0.78	1.86	3.75	5.60	2.01		
1140	8.72	742.17	12.00	240.33	185.00	0.77	1.82	3.38	5.20	1.85	19.44	
1170	8.47	801.33	10.65	236.50	185.00	0.78	1.92	3.81	5.73	2.00		
1200	8.37	811.00	10.47	235.33	184.33	0.78	2.05	3.81	5.86	1.89	15.00	
post	30	9.15	733.50	12.53	243.50	193.83	0.80	1.87	2.95	4.82	1.58	
	60	8.77	731.00	12.08	238.17	185.50	0.78	1.95	3.06	5.01	1.58	8.89
	90	8.43	715.67	11.87	229.00	175.50	0.77	1.87	3.23	5.10	1.73	
	120	8.62	722.00	11.93	235.00	179.50	0.76	1.86	3.20	5.06	1.72	11.11
	150	8.78	730.67	12.08	239.50	183.50	0.77	1.78	3.21	4.99	1.81	
	180	8.77	757.67	11.63	239.00	185.17	0.77	1.95	3.24	5.19	1.66	9.17
	210	8.58	734.33	11.70	233.17	180.17	0.77	1.89	3.25	5.14	1.73	
	240	8.73	758.00	11.55	239.67	185.67	0.78	1.91	3.32	5.23	1.74	8.06
	270	8.70	736.50	11.87	234.67	182.00	0.77	1.85	3.22	5.07	1.75	
	300	8.75	745.00	11.83	235.00	182.67	0.78	1.80	3.29	5.09	1.83	12.50
	330	8.73	761.33	11.63	234.67	185.00	0.79	1.97	3.25	5.21	1.66	
	360	8.90	771.00	11.58	241.17	190.17	0.79	1.94	3.27	5.21	1.68	13.89
	390	8.97	773.33	11.70	242.33	192.17	0.79	1.86	3.33	5.19	1.81	
420	8.90	748.33	12.03	233.50	185.67	0.80	1.86	3.17	5.03	1.72	5.83	
450	8.77	741.00	11.92	234.00	184.33	0.79	1.86	3.21	5.08	1.74		
480	8.72	757.00	11.63	235.50	185.67	0.79	1.96	3.27	5.23	1.68	13.61	
510	8.95	756.17	11.95	238.83	188.67	0.79	1.80	3.29	5.10	1.83		
540	8.62	747.17	11.55	231.67	182.50	0.79	1.93	3.30	5.23	1.70	11.67	
570	8.75	752.83	11.72	236.00	184.67	0.78	1.90	3.28	5.17	1.74		
600	8.47	769.33	11.07	226.67	179.33	0.79	2.06	3.40	5.46	1.67	11.39	
Mean		8.78	766.20	11.67	239.14	185.96	0.78	1.89	3.39	5.28	1.79	13.76
SD		0.78	88.96	1.54	21.99	18.30	0.03	0.29	0.65	0.86	0.25	6.32

Table 2 Mean respiratory measures and alpha time percent of each condition

		$\dot{V}E$ (l/min)	TVE (ml)	RR (n/min)	$\dot{V}O_2$ (ml/min)	$\dot{V}CO_2$ (ml/min)	R	Ti (sec)	Te (sec)	Ttot (sec)	Te/Ti	α wave (%)
per	Mean	9.25	775.94	11.97	252.15	194.53	0.77	1.85	3.20	5.05	1.74	12.19
	(SD)	(0.72)	(72.61)	(1.06)	(25.16)	(20.38)	(0.04)	(0.20)	(0.35)	(0.45)	(0.23)	(6.51)
FB		8.57	770.89	11.33	234.17	182.36	0.78	1.92	3.56	5.47	1.86	16.11
		(0.84)	(102.83)	(1.86)	(20.41)	(17.80)	(0.03)	(0.36)	(0.81)	(1.10)	(0.26)	(5.71)
post		8.75	747.09	11.79	236.05	184.58	0.78	1.89	3.24	5.13	1.72	10.61
		(0.50)	(69.58)	(1.05)	(15.68)	(13.95)	(0.03)	(0.18)	(0.36)	(0.46)	(0.19)	(5.48)

呼吸時間 (Ttot)

条件ごとの平均値を Figure 9 に示した。Kruskal-Wallis 検定の結果、条件の主効果が有意だった ($\chi^2=6.58$, $df=2$, $p<.05$)。多重比較の結果、pre 条件と FB 条件間において、FB 条件で有意な上昇が認められ ($p<.05$)、FB 中に呼吸時間が増加した。

呼吸比 (Te/Ti)

条件ごとの平均値を Figure 10 に示した。Kruskal-Wallis 検定の結果、条件の主効果が有意だった ($\chi^2=33.44$, $df=2$, $p<.01$)。多重比較の結果、pre 条件と FB 条件間において、FB 条件で有意な上昇が認められた ($p<.01$)。また、FB 条件と post 条件間において、post 条件で有意な低下が認められた ($p<.01$)。FB 中に呼気時間が吸気時間に対して相対的に増加した。

α 波出現率 (α time %)

条件ごとの平均値を Figure 11 に示した。分散分析の結果、条件の主効果が有意だった ($F(2, 237)=20.42$, $p<.01$)。多重比較の結果、pre 条件と FB 条件間において、FB 条件で有意な上昇が認められた ($p<.01$)。また、FB 条件と post 条件間において、post 条件で有意な低下が認められた ($p<.01$)。FB 中に α 波出現率が増加した。

考 察

本実験では、 α 波フィードバックを行うことで、被験者が α 波の出現頻度を増加させる際に、呼吸にどのような変化が生じるのかを検討した。 α 波に関しては FB 条件において、pre・post 両条件よりも有意な頻度の増加がみられたことから、フィードバックの効果があつたことが分かる。

フィードバック中、 α 波が増加する際の呼吸について検討してみると、pre 条件と比較して、呼吸数・分時換気量が減少し、酸素消費量及び二酸化炭素排出量の減少等、代謝の低下を示すものとなった。また、一回呼吸時間が pre 条件よりも延長した。これは、呼吸数の低下により、一回呼吸時間の延長が生じたと考えられる。呼吸数の低下は、清水ら (1978) の結果を支持するものであり、少ない呼吸数が α 波の増加に関連していると考えられる。本実験ではさらに pre・post 両条件と比較して、FB 条件では呼吸比の増加、呼気時間の延長がみられた。すなわち、吸気時間は変化していないにもかかわらず、呼気時間が延長するという呼吸が行われた。これは、日常、われわれが行う緊張性の吸息と弛緩性の呼息という呼吸とは異なり、緊張性の呼息と弛緩性の吸息による呼気の延長という坐禅時の呼吸と同様の傾向を示している。さらにガス交換比に有意差がみられなかったことから、 α 波フィードバックによる α 波出現課題中の呼吸が不自然なものではなく、被験者に負担をもたらしていないことが分かる。以上の所見から、本実験における徐波化と呼吸変動は、瞑想時のそれと類似した効果を示しているといえる。

しかし、フィードバック課題が終了し、post 条件では α 波出現頻度が有意に減少した。また、分時換気量は post 条件においても、FB 条件同様に pre 条件よりも有意な減少がみられた。平井 (1961) は、高僧の坐禅終了直後に呼吸数が坐禅前の状態に回復するが、 α 波は維持され続けるとした。また、笠松 (1957) も同様に坐禅終了後も α 波が維持されることを報告している。Sugi 他 (1968) は、高僧の坐禅終了後に呼吸数、酸素消費量、分時換気量がすぐに回復したと報告している。これらの報告に対して本実験では、 α 波、呼吸活動ともに逆の結果となった。

山岡・橋本 (1988) は、坐禅時においては精神集中によって意識機能が特異な高まりを示すと説明した。すなわち、坐禅中の徐波化は単なる意識の低下ではなく高度な精神集中であるという。山岡 (1985) と山岡・土中・宮下・河原 (1986) は、バイオフィードバックにおいて生じる α 波は、信号に持続的注意を行うことによる精神集中効果としての α 波であるとしている。同様に今回の FB 条件中に増加した α 波は、FB 信号を基にリラックス状態になったことで生じたものというよりも、信号を出すことを課題とした精神集中とも考えられる。その点で、FB 中の α 波増加と呼吸変動が瞑想と一致することに矛盾はないと考えられる。post における“逆の結果”については、禅僧による坐禅と α 波フィードバック課題との根本的な相違点にあると考えられる。禅僧は日常的に安定した精神活動が行われるような生活や修行を重ねてきていて、坐禅後もその集中を継続させようとするのに対して、本実験での被験者は常に安定した精神活動を目的にしているわけではなく、FB 中にもみ精神集中を行っている点にあると考えられる。このことから、瞑想とフィードバックとは精神集中そのものの質にも違いがあることがうかがえ、そこに本実験と瞑想との post における α 波出現の違いの要因があると思われる。

呼吸の変化の相違においても、同様の要因があると考えられる。FB での α 波増加に際して、呼吸統制に関する教示は行っていないにもかかわらず、呼吸数が減少し、呼気時間が延長した。被験者は意識的ではないとしても経験上の方法として用いたことにより、 α 波の増加が認められたことから、この方法が有効であると思われる。本実験の post における α 波減少、呼吸数の増加傾向、呼気延長の回復などは、精神集中課題からの解放であることから生じたものと考えられる。

以上のことから、 α 波フィードバックによる α 波の増加及び呼吸活動の沈静化は、意識の質に違いこそあるが、瞑想時と似た傾向を示し、フィードバックと瞑想との間に多くの類似点がみられた。すなわち、精神集中による徐波化は、代謝の低下を伴った状態に連なるものと考えられる。 α 波の間接的統制という考え (山岡, 1985) に立てば、呼吸活動の変化により徐波化が生じたとも考えられ、精神集中の方法として、呼吸の調整が有効であると言える。本実験では呼吸数の減少と

呼気時間の延長という傾向がみられたが、具体的に、呼吸数や呼吸パターンなど、どのような呼吸統制が、精神の集中あるいはリラックス等に有効であるかについては今後さらに検討すべき課題である。

引用文献

- 荒井康夫・靱山隆裕・小林義雄 (1999). α 脳波と呼吸法における集中トレーニングの事例報告 名古屋女子大学紀要 家政・自然編, **46**, 11-18.
- Beatty, J., & C. Kornfeld. (1972). Relative Independence of Conditioned EEG Changes from Cardiac and Respiratory Activity. *Physiology and Behavior*, **9**, 733-736.
- Bloch, K. E., Barandun, J. & Sackner, M. A. (1995). Effects of mouthpiecebreathing on cardiorespiratory response to intense exercise. *American journal of respiratory and clinical care medicine*, **151**, 1087-1092.
- 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) — 一宗教学論集 駒沢宗教学研究會編, **19**, 261-279.
- 古満伊里・柿木昇治 (1990). 脳波の帯域別フィードバック訓練— α 波と β 派を指標として 広島修大論集 人文編, **30**(2), 157-167.
- Grossman, P. (1983). Respiration, Stress, and Cardiovascular Function. *Psychophysiology*, **20**(3), 284-300.
- 平井富雄 (1961). 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.
- Kamiya, J. (1968). Conscious Control of Brain Waves. *Psychology Today*, **1**, 57-60.
- 笠松 章 (1957). 脳波と東洋的沈潜 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.
- 長野祐一郎・児玉昌久 (1999). ストレス負荷時の呼吸波形の変化 能動/受動的対処における呼吸, 心臓血管反応 早稲田心理学年報, **31**(1), 35-42.
- Nowlis, D. P., & Kamiya, J. (1970). The control of electroencephalographic alpha rhythms through auditory feedback and the associated mental activity. *Psychophysiology*, **6**(4), 476-484.
- 榊原雅人 (2003). 呼吸のコントロールが脳波 α 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.
- 清水直治・大塚雄作・平田孝雄・小林秀昭・高木 朗・斉藤陽一 (1978). α 波フィードバック学習成立条件 臨床脳波, **20**(9), 567-598.

- 清水教永・岡本健次郎・真来省二・浜口雅行・松浦義昌・坪内伸司 (1985). バイオフィードバックによる脳波 α 律動の自己制御について 大阪体育学研究, **23**, 52-59.
- 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.
- 竹内明眸 (1991). 呼吸法と情動に関する生理心理学的研究 新潟産業大学紀要, **6**, 203-222.
- Timmons, B., Salamy, J., Kamiya, J., & Girton, D. (1972). Abdominal-thoracic respiratory movements and levels of arousal. *Psychon. Sci.*, **27**(3), 173-175.
- 梅沢章男 (1994) 日常生活におけるリラクゼーション方略の研究 バイオフィードバック研究, **21**, 92.
- 梅沢章男・寺井堅祐 (2001). リラクゼーション評価のパラダイム：呼吸とリラクゼーション 生理心理, **19**(2), 69-74.
- Wientjes, C. J. E., Grossman, P., & Gaillard, A. W. K. (1998). Influence of drive and timing mechanisms on breathing pattern and ventilation during metal task performance. *Biological Psychology*, **49**, 53-70.
- 山岡哲雄 (1985). Biofeedback に関する諸問題 II —脳電図 alpha 波自己統制と Alpha 体験について— 金沢大学教育学部紀要 教育科学編, **34**, 23-36.
- 山岡哲雄・土中幸弘・宮下外美子・河原尚子 (1986). 精神集中及び BGM の生理・心理学的効果に関する研究—EEG alpha— 金沢大学教育学部教育工学研究, **12**, 93-106.
- 山岡哲雄・橋本圭子 (1988). 課題遂行及び注意集中の生理心理学的研究 I 金沢大学教育学部紀要, **36**, 293-302.