呼吸の随意的瞬時統制が反応時間と 状態不安に及ぼす影響¹⁾

日本大学文学研究科 大石 武信
時田 学
日本大学文理学部 山岡 淳

The effect of voluntary "momentary" control of respiration on reaction time and state-anxiety

OHISHI, Takenobu, TOKITA, Gaku and YAMAOKA, Kiyoshi

Department of Psychology, College of Humanities and Sciences, Nihon University
3-25-40 Sakurajosui, Setagaya-ku, Tokyo 156, Japan

The purpose of this study was to investigate the effects of voluntary "momentary" control of respiration on reaction time and state-anxiety which was measured by STAI-1 test. Subjects were asked to react to the stimulus on CRT by pressing the button with or without voluntary "momentary" control of respiration. The results showed that mean reaction time was shorter and the score of STAI-1 was higher in the controlled respiration condition than in the spontaneous respiration condition. These results showed that voluntary "momentary" control of respiration heightened subjects' concentration and improved their performance. These results also suggest that voluntary "momentary" control of respiration method may improve motor performance.

Key words: respiration, voluntary momentary control, reaction time, state-anxiety

【要 約】 この研究の目的は、呼吸の随意的瞬時統制が反応時間と STAI-1 に及ぼす影響について、検討することであった。被験者は、CRT 上の刺激に対するボタン押し反応に呼吸の随意的瞬時統制を行った。その結果、呼吸統制条件の方が自発呼吸条件よりも、反応時間が短く、また、STAI-1 の得点が高かった。これらの結果は、呼吸の随意的瞬時統制を行うと、被験者の集中力を高め、パフォーマンスを向上させることを意味している。これらの結果はまた、呼吸の随意的瞬時統制法が、運動パフォーマンスを促進する可能性を示唆している。

1) 本研究の結果の一部は、第11回日本生理心理学会学術大会において発表した。

呼吸は、生命維持に必要不可欠な運動でありながら、随意的な統制も容易な運動である。例えば、呼吸と心理状態の関係について Grossman (1983) は、呼吸の随意的統制はストレス事態下における被験者の不安状態に変化をもたらすためストレス事態において呼吸の検討は重要であるとしている。また、電気刺激や冷却刺激によるストレス事態での、呼吸の随意的統制は、ストレス反応を軽減させる効果があり、呼吸統制は臨床的にも有効であることが報告されている (Harris, Katkin, Lick & Habberfield, 1976; Lane, 1981)。座禅やヨガ等の瞑想時には、非常に緩徐な呼吸統制（被験者によっては1-2回/分）を行うことが多く、修行の段階を知る指標の1つにもなっている（楠本・山岡・久我・桜田・山本・瀬尾・中村, 1984）。

一方、スポーツの分野でも多くの研究が行われている。例えば、蝶間林(1976)は、テニス歴1年未満の未熟練者4名と、全日本庭球選手権出場の実熟練者4名を被験者にして、レース時の筋活動と呼吸相に関する研究を行っている。この中で、熟練者ではレースのインパクト時の約80%が、止息あるいは呼気相であるのに対し、未熟練者は約70%が吸気相であると報告されている。また、未熟練者が1カ月間レース練習をした後には、インパクト時の呼吸相の約55%が止息あるいは呼気相となり、吸気相は約45%に減少したと報告されている。これは、随意的な筋力発揮時にスピード因子が関与する場合、呼気相、あるいは止息で行う方が効果的であるためと説明されている。Loehr (1987) の世界的上位選手を対象にした研究でも、自分が得意とするショットを打つ瞬間の呼吸相のほぼ全てが呼気相であるのに対し、自分が苦手とするショットの場合、約90%が吸気相であると報告している。これらの報告は、競技者の得手・不得手といった心理状態が呼吸相に影響を及ぼし、パフォーマンスの向上あるいは低下につながることを示すものである。

以上の研究の他、呼吸は反応時間 (Reaction

Time: RT) にも影響することが示唆されている。呼吸と反応時間に関する研究は、Gaskil (1928) 以降、多くの研究が行われてきた。

Buchsbaum & Callaway (1965) は、自発呼吸中の、呼気相時の反応時間は吸気相時のそれよりも短いとしている。また、聴覚刺激による予告信号 (warning signal) によって、被験者に呼気相か吸気相のどちらかに呼吸相を保持するように統制させた場合でも、呼気相時の反応時間の方が短いと報告している。逆に、Beh & Nix-James (1974) は、自発呼吸中の吸気相時に聴覚刺激を呈示した場合の反応時間は、呼気相時に呈示した場合よりも短いとしている。一方、Engel, Thorne & Quilter (1972) は、呼吸相と反応時間との間には一定の関係はないと指摘している。予告信号を用いた場合にも、予告信号呈示後の、呼気中と吸気中の反応時間との間、自発呼吸中と呼吸統制中の反応時間との間には、双方ともに相関関係が見られないとしている。

以上の相矛盾する結果は、注意という要因に対する考慮が不足していたためであるとした Gallego, Perruchet & Camus (1991) は、反応時間課題に随意的な呼吸統制を加えた第2次課題法を使用し、自発呼吸中の吸気相時、呼気相時の反応時間と、予告信号による呼吸統制中における呼気・吸気相時の反応時間を比較検討した。その結果、自発呼吸中の反応時間よりも呼吸統制中の反応時間が長いこと、呼吸統制中では、呼気時の反応時間が吸気時よりも長いこと、さらに自発呼吸中では、呼吸相間で反応時間に差がないことなどを報告した。しかし、Gallego et al. (1991) の研究は、聴覚刺激に対する吸気相のみの呼吸保持を行ったものであり、視覚刺激を使用し、呼気相、吸気相双方の統制は行っていない。また、競技場面で経験的に使用されている、反応時に鋭く息を吐く、あるいは吸うという急速な呼吸統制を行った研究はほとんど見られない。さらに、競技場面において重要な働きをする視覚に焦点を当て、視

覚刺激を使用した実験場面での呼吸統制と注意の関係についても検討する必要があると考えられた。そこで大石・山岡(1992)は、CRT上の視覚刺激に対するボタン押し反応課題に、呼吸の随意的瞬時統制を行い(各試行ごとのボタン押し反応時に鋭く息を吐く、あるいは息を吸うという時間的に短い呼吸統制を行い、これを呼吸の随意的瞬時統制と表現する)、反応時間や被験者の心理状態の変化を考察した。その結果、呼吸統制中の方が自発呼吸中よりも反応時間が長く、状態不安も高くなった。この結果は、呼吸の随意的瞬時統制が第2次課題として作用し、負荷となる可能性があること、また、呼吸相による反応時間には、呼吸統制中、自発呼吸中ともに差がないことが示唆された。

本研究では、大石・山岡(1992)の知見をもとに、呼吸統制をターゲット刺激に対する反応時に行うために、その手掛かりとして、予告信号を使用する。また、被験者のストレス状態、不安状態との関連も考慮する必要があると考えられるのでこれらを測定する指標として状態不安尺度(State-Trait Anxiety Inventory, 自己評定用紙‘SEQ-STAI’日大版 II-1; 以下 STAI-I)を使用する。それは、ストレス事態下にある実験状況の状態不安のレベルを評価できる(Spielberger, 1983)からである。また、呼吸の随意的瞬時統制が行動、心理状態の両方にマイナスの影響のみを与えるものならば、実際の競技場面への応用が難しくなる。このことを踏まえ、課題の難度をあげ、運動的側面の要素を強めた実験を行う必要があると考えられた。そこで、本研究では、視覚刺激に対するボタン押し反応課題に、左右に手を移動させるという運動を加え、さらに呼吸の随意的瞬時統制を行い、その影響を反応時間や被験者の心理状態から総合的に考察し、応用場面への適用の可能性を検討することを目的とする。

方 法

被験者 学部学生、大学院生19名(男性11名、女性8名。平均年齢 23.4 ± 1.9 歳)。全員が呼吸器系、循環器系に既往症をもたない者であった。

呈示刺激 予告刺激は“○”とし、CRTの中央に呈示した。ターゲット刺激は“□”とし、CRTの中心から左右視角 13° の位置にランダムに呈示した。刺激は白色、背景は黒色であった。観察距離は70cm、刺激の大きさは縦、横とも約5mmであった(Fig. 1)。

Fig. 1 A series of one trial.

実験装置 呼吸、筋電図は、日本電気三栄製脳波計1A98を使用し、1cm/sで紙書き記録した。刺激の呈示には、日本電気製パーソナルコンピュータ(PC-9801DX)、同社製CRT(PC-KD854N, 14インチ)を使用した。反応時間は専用のタイマーボード(日本アセンブラ製)で測定し、パーソナルコンピュータに記録すると共に脳波計の記録紙上にも同時記録した。

測定指標 呼吸運動は、胸部・腹部からはストレーンゲージ式ピックアップ(日本電気三栄製45256)で、鼻孔下からサーミスタ式ピックアップ(日本電気三栄製45257)で導出し、時定数

3.2sで記録した。被験者のボタン押し反応確認のために、利き手前腕部総指伸筋の筋電図を時定数0.001sで記録した。測定時のシールドルーム内の温度は20～22℃、湿度は30～40%に保った。また、被験者のストレス状態、不安状態を測定するためSTAI-1を実施した。

随意的呼吸統制条件（以下呼吸統制条件と表現する）呼吸統制条件では、呼気統制条件と吸気統制条件の2条件を設定した。呼気統制条件では、被験者がターゲット刺激に対するボタン押し反応の際に、鋭く息を吐くように、吸気統制条件では、ボタン押し反応の際に、鋭く息を吸うように教示し、練習を行って統制した。

手続き 実験は、4セッションを設けた。まず自発呼吸下でボタン押し反応課題（セッションA）を行った。次に呼気統制（セッションB）と吸気統制（セッションC）の下でのボタン押し反応課題を行ったが、この2つの統制条件の順序は被験者ごとにランダムとした。最後に再び自発呼吸下でボタン押し反応課題（セッションD）を行った。各セッションとも100試行ずつで合計400試行を実施した。なお各セッションとも、10試行以上の練習試行の後に実施した。また、呼吸統制条件では、実験者が呼吸曲線を観察しながら、被験者が要求されている呼吸を統制できていると判断するまで10試行以降も練習試行を反復した。各試行は、予告刺激1s、ブランク2s、ターゲット刺激（ボタン押し反応するまで持続）の順に呈示した。反応に使用する指は、被験者自身に利き手の1指を決めてもらい（第二指か第三指のうち被験者がボタン押しを行いやすい方の指）、予告刺激からブランクまでの段階では、反応装置の中央に指を置き、ターゲット刺激の呈示と同時に、できるだけ速く手を移動させ、ターゲットが呈示された方のボタンを押させた。移動距離は、中央からボタンまでの3.5cmであった。また、実験開始前、および各セッション終了時、STAI-1に回答させた。

処理 ボタン押し反応時の呼吸相は、記録紙上に記録された呼吸曲線から、視察により検討した。ターゲットの方向を間違えたものと、ボタンを押し損なった後に、押し直しことが筋電図より確認されたものは誤反応とした。反応時間は、ターゲット刺激呈示からボタン押しの時間とし、誤反応および全反応時間の平均 $\pm 2SD$ を越えた反応を除き、改めてセッションごとに平均反応時間を算出した。除外した反応の割合は、セッションAは4.00%、セッションBは6.11%、セッションCは6.05%、セッションDは4.78%であった。STAI-1の得点は、各セッションごとの平均値を算出した。統計的分析には、統計パッケージ、PC-SAS Version 6.04を使用した。また、多重比較はTukey法により、有意水準5%で行った。

結 果

各セッションごとの反応時間の比較 誤反応および平均 $\pm 2SD$ を越えた反応を除いた全反応の平均反応時間は $350.45 \pm 59.95\text{ms}$ であった。また、セッションごとの平均反応時間を算出した（Fig. 2）。セッションAは $360.22 \pm 56.59\text{ms}$ 、セッションBは $340.34 \pm 54.81\text{ms}$ 、セッションCは $346.24 \pm 61.62\text{ms}$ 、セッションDは $354.68 \pm 64.35\text{ms}$ であった。これらのセッションについて1要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ、セッションの効果が有意であった（ $F(3,54)=3.25, p<.05$ ）。多重比較を行ったところセッションAとセッションBの間に有意な差があり、呼気統制中のほうが1回目の自発呼吸下での反応課題のセッションよりも反応時間が短いという関係が示された。

各条件と呼吸相による反応時間の比較 自発呼吸中のボタン押し反応のセッションA、Dを自発呼吸条件、呼気統制のセッションB、吸気統制のセッションCを呼吸統制条件と命名し、各呼吸条件ごとに、呼気相時、吸気相時の平均反応時間を算出した（Fig. 3）。自発呼吸条件の呼気相は $356.56 \pm 56.11\text{ms}$ 、吸気相は $358.05 \pm 63.42\text{ms}$ 。呼

Fig. 2 Mean reaction times for each session.

Fig. 4 Mean scores of STAI-1 for each session.

Fig. 3 Mean reaction times for each condition.

Fig. 5 Mean scores of STAI-1 for each condition.

吸統制条件の吸気相は 346.24 ± 61.62 ms, 呼気相は 340.34 ± 54.81 ms あった。呼吸相（呼気, 吸気）×条件（自発呼吸, 呼吸統制）の2要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ, 条件の主効果が認められ ($F(1,18)=4.46, p<.05$), 呼吸統制条件の方が自発呼吸条件よりも反応時間が短いという関係が示された。呼吸相の主効果 ($F(1,18)=0.13, n.s.$), および交互作用 ($F(1,18)=3.26, n.s.$) は認められなかった。

各セッションごとの状態不安の比較 実験前と各セッション終了時の STAI-1 の平均得点を算出した (Fig. 4)。実験前は 38.80 ± 7.50 , セッションAは 40.26 ± 8.64 , セッションBは 43.26 ± 11.63 , セッションCは 43.10 ± 10.34 , セッションDは 37.11 ± 7.34 であった。これらのセッションについて1要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ, セッションの効果が有意であった ($F(4,72)=$

$4.23, p<.01$)。多重比較を行ったところ, セッションB・CとセッションDの間に有意な差があり, 状態不安は, 呼気統制セッション終了時・吸気統制セッション終了時は, 2回目の自発呼吸下での反応課題のセッション終了時よりも高いという関係が示された。

各条件ごとの状態不安の比較 反応時間と同様に, セッションA, Dをまとめた自発呼吸条件, セッションBとセッションCをまとめた呼吸統制条件の2条件の STAI-1 の平均得点をそれぞれ算出した (Fig. 5)。自発呼吸条件は 38.68 ± 8.07 , 呼吸統制条件は 43.18 ± 10.86 であった。これらの条件について1要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ, 条件の効果が有意であり ($F(1,37)=9.73, p<.01$), 状態不安は, 呼吸統制条件の方が自発呼吸条件よりも高いという関係が示された。

考 察

反応時間は、自発呼吸条件の方が呼吸統制条件よりも長かった。この結果は、大石・山岡(1992)やGallego et al.(1991)とは反対の結果である。大石・山岡(1992)の実験では、反応時に反応する指を前もってボタン上に置いていたのに対し、本研究では、ターゲット刺激の方向に手を移動させてからボタン押し反応を行うという運動反応が加わっており、課題の困難度が上がっている。課題に運動的側面を加えたことにより、反応時により多くの注意のresourceを配分する必要が生じ、被験者の集中力をより高め、反応時間が短くなる結果になったと考えられる。次にGallego et al.(1991)の結果と異なった原因について考察してみる。彼らは、反応時間課題に第2次課題としての随意的な呼吸統制を行うことにより、第2次課題に利用できる注意のresourceが減少するために、反応時間に対する干渉作用を起こし、反応時間が長くなったとしている。これに対し、本研究では逆に、呼吸統制によって反応時間の短縮が見られた。その理由として2つの理由が考えられる。1つはGallego et al.(1991)の研究では、吸気相の呼吸保持を行っている最中に刺激が呈示され、反応時間課題を行っているのに対し、本研究では、刺激に対するボタン押し反応と同時に、鋭く息を吸う、吐くという非常に短時間の瞬時統制をさせた点である。もう1つは本研究では、手を移動させてボタンを押すという運動反応が加えられた点である。以上の2点によって、ボタン押し反応時により高い注意集中が必要となり、被験者の注意の配分を変化させたために呼吸統制時の反応時間が短くなったと考えられる。このことから、本研究で用いた、呼吸の随意的瞬時統制法は、Gallego et al.(1991)の指摘する第2次課題として干渉作用をもたらすものではない。すなわち、運動反応を加えることによって、反応時により多くのresourceの配分をする(Wickens, 1980)必要が生じ、そのために、呼吸統制と反応時間課題

としてのボタン押し反応は、1つのmotor skillとしてとらえることができると考えられる。そして、呼吸統制とボタン押しを1つのmotor skillとしてとらえることにより、ボタン押し反応のみの場合と比較すると、より作業量の多い課題を行う必要があるために、被験者が準備段階でより多くの注意のresourceを配分し、その結果として反応時間が短縮したと考えられる。

呼吸統制条件下で、呼気相と吸気相で反応時間には差がなく、Gallego et al.(1991)やBuchsbaum & Callaway(1965)などの過去の研究とは異なる結果が得られた。Gallego et al.(1991)は、呼吸相が呼吸統制によって直接に反応時間に影響を与えると示唆している。しかし、本研究では、呼吸相による反応時間の差がなかった。これは、過去の研究で行われていた呼吸統制法とは異なり、本研究で行った呼吸の随意的瞬時統制が、大石・山岡(1992)と同様に、呼気相、吸気相にそれぞれ統制条件を設定している点、反応時に鋭く息を吸う、あるいは吐くという非常に短い時間の統制を被験者自身が反応に合わせて行っている点による違いと考えられる。また、Loehr(1987)、蝶間林(1976)の報告のような、認知的情報量の多く、呼吸相に影響を及ぼすような競技場面とは異なるため、呼気統制、吸気統制に必要とされる注意が同程度であり、反応時間に差が生じなかったと考えられる。

自発呼吸条件のもとでも、反応時間に呼吸相による差はなかった。この点は、大石・山岡(1992)、Engel et al.(1972)、Gallego et al.(1991)の結果と一致した。このことは、本研究の課題でも、Gallego et al.(1991)が指摘したように、自発呼吸条件では随意的な呼吸が混入しないこと、また呼吸相に影響を及ぼすように注意を配分する事態ではないために、反応時間に差が見られなかったと考えられる。

本研究で使用した状態不安尺度 STAI-1 の得点は実験条件によって変化した。このことは、

Spielberger (1983) が指摘したように、STAI-1 が、今回設定した実験状況における被験者の心理状態を反映しているとともに、ストレス事態下にある実験状況の状態不安のレベルを評価できたと考えられる。STAI-1 の得点が、呼吸統制時に高くなり、状態不安が増すことは、呼吸統制を課すことにより、より高い注意を必要とする事態が呼吸統制条件中に持続することになり、被験者に作業負荷がかかり、心理的なストレスをかける事態であったことを反映していると考えられる。

呼吸統制条件で、行動指標である反応時間は減少するが、主観的評価である状態不安は高まったという、2つの結果を総合してみると、呼吸の随意的瞬時統制はより高い注意を必要とし、同時に集中力を高める結果になり、それがストレスをかけることになったと考えられる。これは、呼吸統制により、状態不安、ストレスが上昇し、松田 (1979) が指摘する、適度の不安やストレスが最高のパフォーマンスを生み出す状態になり、反応時間の短縮という行動指標の向上につながったと解釈できる。つまり、課題や条件の設定が適切ならば、呼吸の随意的瞬時統制は、被験者にとってマイナスの方向にのみ作用するのではなく、プラスにも作用するものであり、競技場面などの応用場面への適用の可能性を示していると考えられる。例えば、Loehr (1987) の研究のような、テニスにおいて、苦手とするショットがあり、レシーブ時の呼吸相に変化がでやすいプレイヤーを被験者にして、蝶間林 (1976) のような実験条件において、レシーブ時に、呼吸の随意的瞬時統制を行い、パフォーマンスがどのように変化するか、心理的にどのような影響があるかを検討することも可能になってくると考えられる。もし、呼吸の随意的瞬時統制を行なうことが集中力を高め、パフォーマンスの向上につながるものであるならば、Loehr (1987) や蝶間林 (1976) の扱った一流選手だけでなく、一般競技者が練習や試合などで感じるストレスを自分でコントロールすることにつなが

ると考える。しかし、本研究では呼吸相による変化が見られていないことから、呼吸の随意的瞬時統制の効果についてその効果を断定することはできない。そのため今後、課題の困難度を高めたり、運動的側面を強めたりして、さらに呼吸の随意的瞬時統制の影響を細かく検討していく必要があると考える。

また、今回は、準備刺激とターゲット刺激呈示までの間の呼吸については指示せず、ボタン押し反応時の呼吸相のみを統制するようにしたために、ボタン押し反応時までの呼吸を統制した条件での検討をすることが必要だと考える。

以上のように、呼吸の随意的瞬時統制の影響については、行動指標や主観的な心理評定などを総合的にとらえ、検討することが、呼吸の随意的瞬時統制の影響を理解していく上で重要なことであると考えられる。

引用文献

- Beh, H. C., and Nix-James, D. R. 1974 The relationship between respiration phase and reaction time. *Psychophysiology*, 11, 400-402.
- Buchsbaum, M., and Callaway, E. 1965 Inference of respiratory cycle on simple reaction time. *Percept. Mot. Skills*, 20, 961-966.
- 蝶間林利男 1976 テニスレシーブ時における筋活動および呼吸相に関する研究 その1 フォアハンドレシーブについて 横浜国立大学教育学部紀要 117-128.
- Engel, B. T., Thorne, P. R., and Quilter, R. E. 1972 On relationships among sex, age, response mode, cardiac cycle phase, and simple reaction time. *J. Gerontol*, 27, 456-460.
- Gallego, J., Perruchet, P., and Camus, J. F. 1991 Assessing attention control of breathing by reaction time. *Psychophysiology*, 28, 217-224.
- Gaskil, H. V. 1928 The relation of reaction time to phase of breathing. *J. Exp. Psychol*, 11,

364-369.

- Grossman, P. 1983 Respiration, stress, and cardiovascular function. *Psychophysiology*, 20, 284-300.
- Harris, V. A., Katkin, E. S., Lick, J. R., and Habberfield, T. 1976 Paced respiration as a technique for the modification of autonomic response to stress. *Psychophysiology*, 13, 386-391.
- 楠本恭久・山岡 淳・久我隆一・桜田 修・山本麻子・瀬尾滋樹・中村昭之 1984 瞑想の生理心理学的研究(5) 日本心理学会第48回大会 発表論文集, 28.
- Lane, J. D. 1981 The effect of self-control of respiration upon experimental pain. *Psychophysiology*, 18, 162-163 (abstract).
- Loehr, J. E. 小林信也(訳) 1987 メンタルタフネス Mental toughness training for sports. TBS ブリタニカ
- 松田岩男 1979 スポーツとトレーニング 日本スポーツ心理学会(編) スポーツ心理学概論 206-228 不昧堂出版
- 大石武信・山岡 淳 1992 ストレス事態下における呼吸の随意的瞬時統制の効果 第10回日本生理心理学会学術大会要旨 生理心理, 10, 2, 118.
- Spielberger, C. D., 1983 *Manual for the state-trait anxiety inventory (Form Y)*. Palo Alto, CA: Consulting psychologist press.
- Wickens, C. D., 1980 The structure of processing resources. In R. S. Nickerson (Ed), *Attention and performance* VIII (pp. 239-257). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.