



## 簡単な東洋的呼吸法が静止立位中の身体動揺に及ぼす影響

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2016-09-30 キーワード: 作成者: 板谷, 厚, 木塚, 朝博, 遠藤, 卓郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.32150/00006488">https://doi.org/10.32150/00006488</a>

## 簡単な東洋的呼吸法が静止立位中の身体動揺に及ぼす影響

板谷 厚・木塚 朝博・遠藤 卓郎

北海道教育大学旭川校保健体育教室

筑波大学体育系

つくば気功研究所

## Effects of a Simple Oriental Breathing Technique on Postural Sway during Quiet Stance

ITAYA Atsushi, KIZUKA Tomohiro and ENDO Takuro

Department of Physical Education, Asahikawa Campus, Hokkaido University of Education

Faculty of Health and Sports Science, University of Tsukuba

Tsukuba Qigong Research Institute

### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effects of a simple oriental breathing technique on postural sway during quiet stance. Three healthy young adult males participated in this study. They were tested in two experimental sessions: a natural breathing (NB) session and an oriental breathing (OB) session. Each session was constructed with three segments: pre-measurement; rest with NB or OB; and post-measurement. In pre- and post- measurement, the participants were instructed to stand on a force platform in a Romberg stance as quietly as possible. They completed two 60 s trials in each of two conditions: eyes open (EO) and eyes closed (EC). The center of pressure (COP) trajectory was recorded. In the rest segment, the participants were asked to lie down on their back for eighteen minutes with NB or OB. In the OB session, the participants followed an instructional movie showing how to make breaths. For COP data, anterior-posterior (AP) and medial-lateral (ML) sample entropies (SEns) were calculated. Only in the OB session, EC AP SEn in post-measurement was greater than in pre. SEns have been regarded as markers for automaticity in postural control; greater SEns indicate greater automaticity. Thus, our result suggests that our simple oriental breathing technique enhances the automaticity of postural control.

## 1. はじめに

ヒトの基本姿勢である二足直立姿勢は生来的に不安定である。このため、ヒトは絶えず立位姿勢の制御を強いられている。通常この制御は意識に上らず自動的に行われている。例えば、立位姿勢は呼吸運動によって絶えず影響を受けているが、この影響は自動的な体幹と下肢の小さな角度変位によって相殺されている<sup>1)</sup>。

姿勢制御の自動性は不安や緊張によって損なわれることが、高所での立位<sup>2)</sup>や、可能な限り静かに立とうと努力する立位<sup>3)</sup>で報告されている。姿勢制御の自動性が損なわれると、素早く合理的な姿勢応答が損なわれ、転倒やスポーツパフォーマンスの低下を引き起こす要因の一つとなり得る。

Donker et al.<sup>4)</sup>は、本来、姿勢制御は自動的なので、バランス課題に注意を向けるとかえって制御が損なわれるが、認知課題を同時に課すことで注意がバランス課題から逸らされ、姿勢制御の自動性が高められると仮定した。バランス課題に開眼および閉眼静止立位、認知課題に単語の逆綴りを用い、姿勢制御の自動性の指標として、足圧中心 (center of pressure: COP) 軌跡の時系列データからサンプルエントロピーを算出した。サンプルエントロピーの値が大きいほどランダム性が高いことを示し、意識的制御が介在する可能性は低くなると考えることができる。COP軌跡の規則性は、脳卒中、小児麻痺、パーキンソン病、脳震盪など、バランスの制御に難がある脳疾患患者で健常者よりも高くなることが知られている。Donker et al.<sup>4)</sup>の分析の結果、閉眼で開眼よりもサンプルエントロピーが高くなり、閉眼では、バランス課題単独の場合よりも認知課題を同時に課した場合でCOPの変動性 (標準偏差) は小さく、サンプルエントロピーは高くなった。これらの結果は、より難しいバランス課題 (閉眼静止立位) では、認知課題を同時に課すことで姿勢制御の自動性が亢進し、バランス制御の効率が向上することを示唆している。

Vuillermé et al.<sup>5)</sup>は、静止立位中に比較的難し

い暗算課題を課した場合、COPの探索的動揺が抑制されることを示した。探索的動揺とは、安定限界を採知するためのopen-loop制御によるCOPの動きである。このことから、高所不安時に観察される立位姿勢の制御戦略 (tighter control strategy)<sup>2)</sup>が、暗算による認知的負荷によっても引き起こされることが示唆されている。彼らは、COP軌跡をブラウン運動に見立てた分析方法 (Stabilogram Diffusion Analysis: SDA)<sup>6)</sup>を用いて姿勢の制御様相を推定している。

深呼吸は不安や緊張時のこころとからだをほぐすことが経験的に知られており、広く実践されている。プロスポーツ選手やダンサーの中には、コンディショニングや本番前のルーティンワークに、ヨガなどの東洋的身体技法で行われる呼吸法 (以下、単に呼吸法と記す) を取り入れている者もいる。

呼吸法は、ある種のストレスマネジメント法として、不安や緊張の緩和に効果的であることが知られている。例えば、板谷と遠藤<sup>7)</sup>は、大学生に対して仰臥位安静で自然呼吸と呼吸法を行わせ、安静前後の気分変化を二次元気分尺 (Tow Dimensional Mood Scale: TDMS)<sup>8)</sup>を用いて測定した。その結果、呼吸法でのみ快適度が向上した。TDMSによって推定される快適度は、生理的ストレス状態を反映する唾液中コルチゾール濃度との間に強い負の相関関係があることが知られている<sup>9)</sup>。したがって、呼吸法によって生理的ストレス状態が緩和されたことが示唆されている。

ここまで述べてきたことから、呼吸法の実践は、過度の不安や緊張によって姿勢制御の自動性が損なわれるのを防ぎ、より自然で合理的な姿勢応答を引き出すと考えられる。これについて板谷ら<sup>10)</sup>やItaya et al.<sup>11)</sup>は、静止立位中に呼吸法を行うと、自然呼吸の場合と比較して、COP軌跡の不規則性が増加し、closed-loop制御によるCOPの平衡点に戻ろうとする動きが促進されることを示した。これらの結果は、呼吸法の実施によって姿勢制御の自動性が亢進することを示唆している。

しかし、これらの実験では、立位中に呼吸法が

行われていた。このため、呼吸法を実施することが認知課題としてはたらし、バランス課題と認知課題を同時に課した場合と同様に姿勢制御の自動性が高まった可能性は否定できない。さらに、呼吸法実施後にもその効果が持続するかどうかは、スポーツコンディショニングやストレスマネジメントへの応用を考える上で重要な観点だが、明らかにされていない。

そこで本研究は、仰臥位安静で行う呼吸法の実施後、立位姿勢制御の自動性が亢進するとの仮説を検証することを目的とした。そのために、コントロール条件として自然な呼吸による仰臥位安静を行い、呼吸法をとともう仰臥位安静の効果と比較した。本研究の仮説が正しければ、呼吸法を行うことでCOP軌跡の時系列データのサンプルエントロピーが増大するはずである。

## 2. 方法

### 2.1. 対象者

若年健常成人男性3名（年齢：22.0 ± 0.0 才，身長：165.7 ± 7.4 cm，体重：61.7 ± 7.2 kg）を対象者とした。対象者は、これまで東洋的身体技法の指導を受けたことがなく、また、過去3ヶ月以上にわたり立位姿勢の保持に影響を及ぼす傷害、疾病および投薬を受けていなかった。実験に先立ち、ヘルシンキ宣言に準じて書面および口頭にて研究目的および方法、プライバシーの保護を遵守する旨を説明し、同意を得た。

### 2.2. 実験の手順

実験は2つのセッションで構成した（図1）。2つのセッションは別の日の同じ時間帯に設定した。はじめのセッションでは、対象者はまず静止立位課題を行い（pre試技）、続いて自然な呼吸（自然呼吸）による仰臥位安静をとった。安静の後、再び静止立位課題を行った（post試技）。もう一方のセッションでは、仰臥位安静時に呼吸法を行った。実験の所要時間は約90分であった。なお、呼吸法の指導が対象者の自然呼吸に影響を及ぼす



図1 実験セッションの流れ

静止立位課題の条件提示順はランダム化した。呼吸法および自然呼吸は仰臥位安静にて18分間行った。自然呼吸を行うセッションを先に行い、呼吸法を行うセッションは別の日に実施した。

ことを避けるために、自然呼吸のセッションを先に実施した。

#### 2.2.1. 静止立位課題

対象者はフォースプレート上に素足で足を揃え、腕はリラックスして体側に沿わせたロンベルグ姿勢で立った。対象者にはできるだけ静かに立つように指示した。静止立位課題は開眼と閉眼の各条件で2回ずつ行った。各試技は60秒間で、条件の提示順はランダム化した。

#### 2.2.2. 呼吸法および仰臥位安静

呼吸法は、大学で東洋的身体技法（講義名はボディ・ワーク）を指導してきた教員が、気功法やヨガなどの東洋的身体技法で行われる呼吸法のエッセンスを集約し、考案した一連の作法にしたがって行った。本論文ではこの一連の作法の全体を「簡単な東洋的呼吸法」とする。呼吸法の作法はこの教員が行い方を解説したインストラクション動画にしたがって実施した（付録参照）。インストラクション動画の全長は18分間であった。本研究で実施した呼吸法は、大きく次の3つの部分に分けることができた：はじめに「オタマジャクシの脱力法」（4分間）によるリラクセーション；次に「屍のポーズ」（仰臥位安静）での呼吸法（10分間）；最後に、覚醒を促す「収功」（4分間）。

呼吸法における呼吸の仕方の要点は次の3つであった：1. 鼻から吸って、口から吐く；2. 入ってくる息を感じながら吸い、出て行く息を感じながら吐く；3. 気持ちがいいだけ吸って、気持ちがいいだけ吐く。呼吸法を実施することで、一回換気量は増加するが、呼吸数は自然呼吸時の半分

程度に減少する<sup>11)</sup>。

なお、自然呼吸セッションでは、自然な呼吸による仰臥位安静を、呼吸法のインストラクション動画の再生に要するのと同じ時間だけ維持した。仰臥位の肢位はリラックスできるように対象者各自で定めた。

### 2.3. 機材およびデータ収集

静止立位課題時の身体動揺の測定には、単軸ロードセルを4つ組み合わせた特注のフォースプレート（東洋精機社製）を使用した。フォースプレートからの信号は、AD変換器（1401 mk-2, CED社製）を通じてサンプリング周波数100HzにてPCに保存した。データ収集ソフトウェアSpike 2

（CED社製）によって実験を制御した。

仰臥位安静前後の気分変化を見積もるため、安静の直前直後、対象者にTDMS質問紙への回答を求めた。

### 2.4. データ処理およびデータ分析

フォースプレートからの信号よりCOP軌跡を算出した。COP軌跡の前後および左右方向の時系列データは、遮断周波数10Hzの4-th order zero-lag low-pass Butterworth filterを適用した後、25Hzにダウンサンプリングしてから分析に供した。

身体動揺の大きさを評価するために、COP軌跡の90%信頼楕円面積（動揺面積）を算出した（図2 A）。

COP軌跡の不規則性を定量化するために、前後方向と左右方向の時系列データについてサンプルエントロピー（sample entropy）を計算した。サンプルエントロピーの計算に必要なパラメータMとrは、Roerdink et al.<sup>12)</sup>およびLake et al.<sup>13)</sup>にしたがって、M = 3, r = 0.03とした。

静止立位姿勢の制御様相を検討するためにSDAを実行し、scaling exponents: Hを算出した（図2 B）。H = 0.5であれば、COPの過去における移動量と将来における移動量が無相関、すなわち、COPの移動は古典的ブラウン運動と見なせる。H > 0.5の場合、COPの過去における移動量と将来における移動量に正の相関関係がある、すなわちCOPは一定方向に進む傾向（persistence）を示す。H < 0.5では、COPの過去における移動量と将来における移動量に負の相関関係がある、すなわちCOPは過去の移動とは逆方向に戻る傾向（anti-persistence）を示す。実際のCOP軌跡の分析では、比較的短い時間間隔（およそ1 s未満）ではpersistence、比較的長い時間間隔ではanti-persistenceを示すことが知られている<sup>6)</sup>。このため、本研究では比較的短時間（Short-term）でのHと比較的長時間（Long-term）のHを、それぞれHsおよびHlとして算出した。

2回の試技で得たCOP軌跡のデータについて

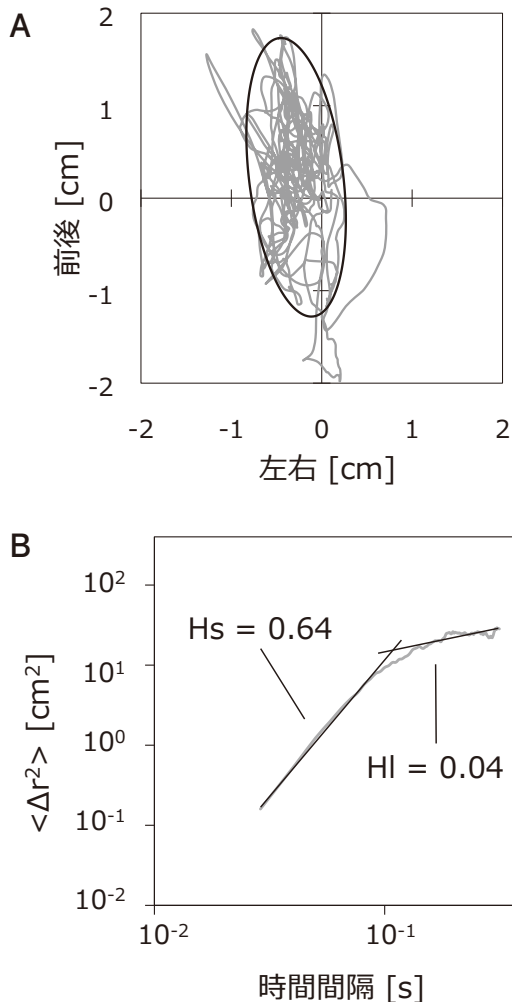


図2 COP軌跡の分析例

COP軌跡の代表例（灰色線）と信頼楕円（黒線）（A）およびSDAの分析例（B）。 $\langle \Delta r^2 \rangle$ はCOP移動量の平方。

それぞれ上記のデータ処理および分析を行い、算出した値を平均し当該対象者の測定値とした。上記のデータ処理および分析はScilab ver. 5.5.1 (Scilab Enterprises配布) のスクリプト言語によって記述した自作のソフトウェアによって実行した。

TDMS質問紙のそれぞれの回答から、活性度、安定度、快適度および覚醒度を計算し、安静前後の差を求めた。

## 2.5. 統計

COP軌跡の分析項目については、2種類の呼吸(自然呼吸と呼吸法)×2測定時間(preとpost)による反復測定分散分析を実施した。交互作用に有意性が認められた場合には最小有意差法(LSD)による事後検定を行った。また、各項目についてpreとpost間の変化を検討するため、対応のある

*t*検定を予備的に実施した。

安静前の各TDMS項目について、セッション間に差がないことを確認するために、対応のある*t*検定を行った。TDMSのそれぞれの項目の安静前後の差については、呼吸の種類による違いを検討するために、対応のある*t*検定を実施した。

上記のすべての検定の有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。本論文における結果は、すべて平均値±標準偏差にて表記した。なお、統計処理にはSPSS Statistics ver. 21 (IBM社製)を使用した。

## 3. 結果

身体動揺についての各分析項目の対象者間平均値を表に示した。動揺面積について、反復測定分散分析の結果、開眼条件と閉眼条件の両方で、呼吸×測定時間の交互作用に有意性は認められな

表 仰臥位安静前後におけるCOP軌跡の分析結果

項目	開眼/閉眼	呼吸	pre	post	予備分析
動揺面積	開眼	自然呼吸	3.07 ± 0.99	2.19 ± 0.97	0.454
		呼吸法	3.03 ± 1.28	4.04 ± 2.23	0.323
	閉眼	自然呼吸	4.53 ± 4.34	3.25 ± 1.00	0.578
		呼吸法	3.19 ± 1.46	2.93 ± 1.51	0.075
サンプルエントロピー (左右)	開眼	自然呼吸	0.80 ± 0.09	0.76 ± 0.07	0.284
		呼吸法	0.75 ± 0.10	0.75 ± 0.01	0.923
	閉眼	自然呼吸	0.77 ± 0.06	0.72 ± 0.02	0.346
		呼吸法	0.77 ± 0.06	0.78 ± 0.04	0.718
サンプルエントロピー (前後)	開眼	自然呼吸	0.84 ± 0.04	0.92 ± 0.11	0.447
		呼吸法	0.78 ± 0.14	0.75 ± 0.05	0.622
	閉眼	自然呼吸	0.82 ± 0.15	0.83 ± 0.08	0.725
		呼吸法	0.81 ± 0.10	0.89 ± 0.09	0.026 *
Hs	開眼	自然呼吸	0.70 ± 0.06	0.70 ± 0.05	0.907
		呼吸法	0.66 ± 0.04	0.68 ± 0.03	0.609
	閉眼	自然呼吸	0.72 ± 0.02	0.76 ± 0.00	0.068
		呼吸法	0.71 ± 0.03	0.71 ± 0.04	0.225
HI	開眼	自然呼吸	0.23 ± 0.20	0.21 ± 0.08	0.852
		呼吸法	0.31 ± 0.09	0.31 ± 0.04	0.876
	閉眼	自然呼吸	0.16 ± 0.08	0.22 ± 0.10	0.305
		呼吸法	0.18 ± 0.04	0.10 ± 0.11	0.430

予備分析の欄には有意確率のみを示した。\*:  $p < 0.05$ 。

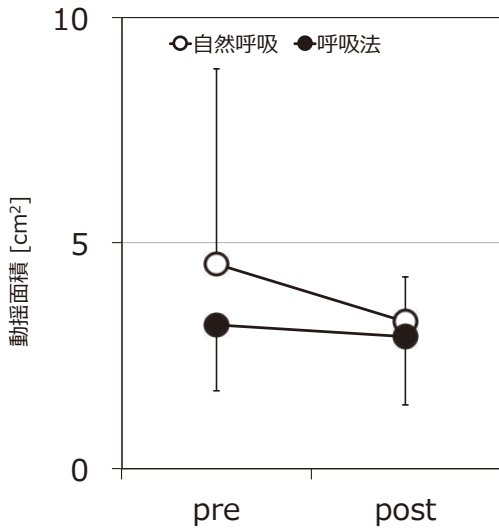


図3 閉眼条件における動揺面積

呼吸の種類×測定時間の交互作用に有意性は認められなかった。エラーバーは標準偏差を示す。

かった（開眼： $F_{(1,2)} = 1.482, p = 0.348, \text{偏}\eta^2 = 0.426$ ；開眼前後： $F_{(1,2)} = 0.274, p = 0.653, \text{偏}\eta^2 = 0.121, \text{図} 3$ ）。

サンプルエントロピーについては、開眼条件と閉眼条件の双方で、前後左右いずれの方向においても交互作用に有意性を認めることはできなかった（開眼左右： $F_{(1,2)} = 0.419, p = 0.584, \text{偏}\eta^2 = 0.173$ ；開眼前後： $F_{(1,2)} = 0.604, p = 0.508, \text{偏}\eta^2 = 0.242$ ；閉眼左右： $F_{(1,2)} = 1.614, p = 0.332, \text{偏}\eta^2 = 0.447$ ；閉眼前後： $F_{(1,2)} = 1.463, p = 0.350, \text{偏}\eta^2 = 0.423, \text{図} 4$ ）。ただし、予備的な分析の結果、呼吸法の閉眼条件における前後方向のCOP時系列データのサンプルエントロピーのみpreとpost間の差に有意性を認めた。

SDAの結果については、閉眼条件でのHIにおいてのみ交互作用に有意性が認められた（開眼Hs： $F_{(1,2)} = 0.442, p = 0.575, \text{偏}\eta^2 = 0.181$ ；開眼HI： $F_{(1,2)} = 0.189, p = 0.706, \text{偏}\eta^2 = 0.086$ ；閉眼Hs： $F_{(1,2)} = 5.342, p = 0.147, \text{偏}\eta^2 = 0.728$ ；閉眼HI： $F_{(1,2)} = 32.290, p = 0.030, \text{偏}\eta^2 = 0.942, \text{図} 5$ ）。閉眼条件でのHIは、preと比較して自然呼吸後に高くなったのに対して、呼吸法後は低くなった。

TDMSの各項目において、安静前の値のセッ

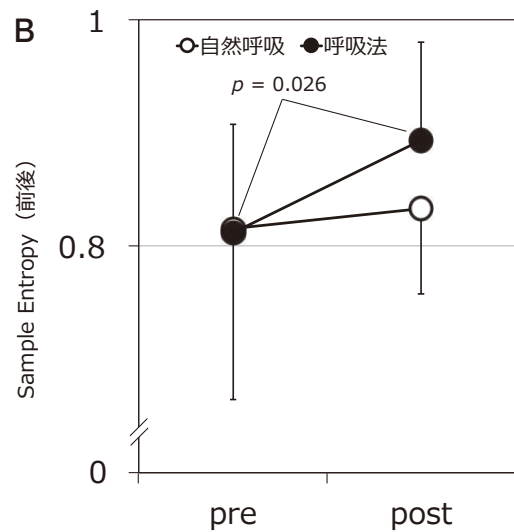
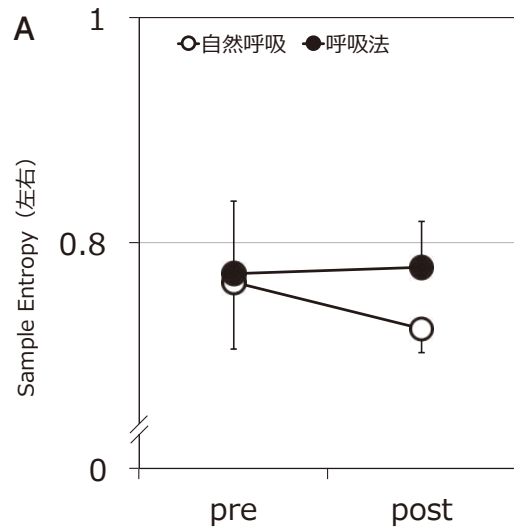


図4 閉眼条件におけるサンプルエントロピー

左右方向のCOP時系列データ（A）と前後方向のCOP時系列データ（B）。予備的な分析の結果、呼吸法後、前後方向においてpostでpreよりも有意に高い値を示した。エラーバーは標準偏差を示す。

ション間差に有意性は認められなかった。各項目の安静前後の変化（図6）について、活性度の呼吸種類間差に有意性が認められ、呼吸法で高い値を示した（自然呼吸： $-2.00 \pm 1.00$ , 呼吸法： $2.67 \pm 0.58, t = -7.000, p = 0.020$ ）。

安定度では呼吸種類間の差に有意性は認められなかった（自然呼吸： $2.67 \pm 2.08$ , 呼吸法： $3.33 \pm 3.22, t = -1.000, p = 0.423$ ）。快適度において呼吸法で高い値を示したが、統計的有意性を認めるには至らなかった（自然呼吸： $0.67 \pm 1.16$ , 呼吸法： $6.00 \pm 3.46, t = -4.000, p = 0.057$ ）。覚醒度は

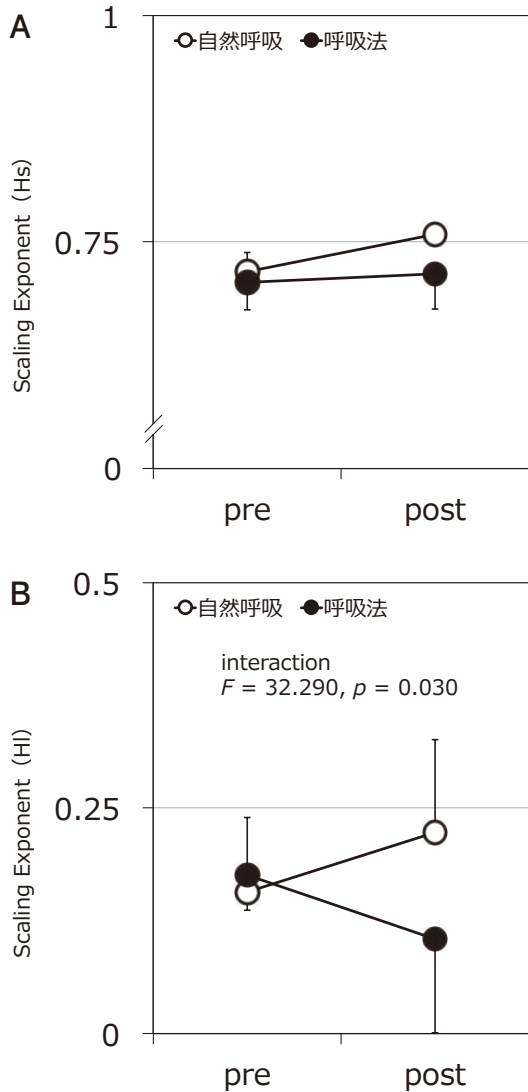


図5 閉眼条件におけるSDAの結果

Short-term scaling exponent: Hs (A) およびlong-term scaling exponent: Hl (B)。Hlにおいてのみ呼吸の種類×測定時間の交互作用に有意性が認められた。エラーバーは標準偏差を示す。

自然呼吸で呼吸法より低下したが、差の標準誤差が0になりt検定はできなかった。そのため、Wilcoxonの符号付き順位検定を実行したところ、呼吸による覚醒度の変化の違いに有意性は認められなかった(自然呼吸:  $-4.67 \pm 3.06$ , 呼吸法:  $-0.67 \pm 3.06$ ,  $\chi^2 = 6.000$ ,  $p = 0.083$ )。

TDMSの結果を心理状態の二次元グラフ<sup>14)</sup>に示すと、安静後、自然呼吸では休息に適したエリアに向かったが、呼吸法を行った場合、活動にも適したエリアに向かって変化した(図7)。

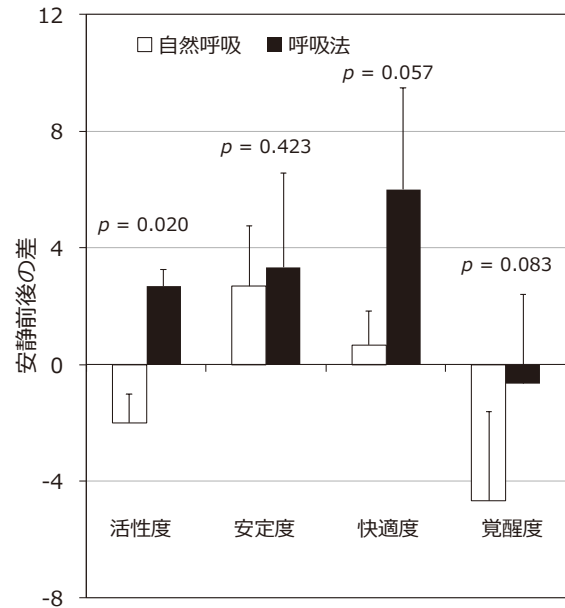


図6 安静前後の各TDMS項目の変化

活性度は呼吸法後に向上するが、自然呼吸では低下する対照的な変化を示した。エラーバーは標準偏差を示す。

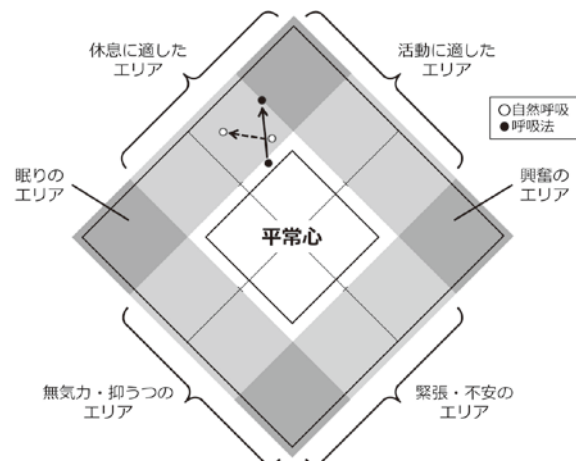


図7 心理状態の変化

安静後、自然呼吸(破線)では休息に適したエリアに向かったが、呼吸法(実線)では活動にも適したエリアに向かって変化した。文献14にもとづいて作図。

#### 4. 考察

本研究の目的は、仰臥位安静で行う呼吸法の実施後、立位姿勢制御の自動性が亢進するかどうか検討することであった。この目的を達成するために、呼吸法をとまなう仰臥位安静と、コントロール条件として自然呼吸による仰臥位安静の前後で

開眼および閉眼での静止立位中のCOP軌跡を記録し、サンプルエントロピーを算出するとともにSDAを実施した。また、仰臥位安静前後の気分変化をTDMSによって測定した。

本研究の主たる結果は次のとおりであった。COP軌跡の閉眼時前後方向時系列データのサンプルエントロピーは、呼吸法実施後に高くなったが、自然呼吸の前後では変化しなかった(図3)。SDAの結果、呼吸法後、閉眼時のHIは低下した一方で自然呼吸では高くなった(図4)。気分変化について、活性度の仰臥位安静前後の変化量を2種類の呼吸間で比較したところ、呼吸法で自然呼吸よりも向上した(図5)。快適度の仰臥位安静前後の変化量も統計的有意性には至らなかったものの、呼吸法で自然呼吸よりも向上した(図6)。

#### 4.1. 呼吸法による身体動揺の変化

先行研究と同様に本研究においても、開眼条件では、呼吸法の身体動揺に対する影響を見出すことはできなかった。たしかに、足を揃えたロンベルグ姿勢は、足を腰幅に開いた立位と比較して支持基底面が狭く不安定である。しかし、開眼条件では若年健常成人にとって容易な課題であったと考えられる。このため、呼吸の種類の違いによる姿勢制御の僅かな差は、天井効果によって顕在化しなかったと考えられる。

本研究の結果、身体動揺の大きさを示す動揺面積に、呼吸法の効果は認められなかった。この結果は、呼吸法中の立位時に動揺面積の減少を認めたItaya et al.<sup>11)</sup>とは異なる。この違いは、Itaya et al.<sup>11)</sup>において被験者が静止立位中に呼吸法を実施したことと関係があると考えられる。Itaya et al.<sup>11)</sup>でも指摘されているとおり、立位で普段とは異なる呼吸法を実施することは認知課題を同時に課すことになる。閉眼静止立位課題に認知課題を同時に課した場合では、立位の場合よりもCOP動揺が減少するとの報告がある<sup>5)</sup>。Itaya et al.<sup>11)</sup>においてもこれらの先行研究と同様のことが生じた可能性は否定できない。

これに対して本研究の実験デザインでは、立位

課題と呼吸法の実施が同時に課せられることはなかった。そして、呼吸法の前後で動揺面積は変化しなかった。呼吸法の効果として動揺面積を減少させるかどうか明確にするために、今後も継続して検討する必要がある。

反復測定分散分析の結果、COP軌跡の前後および左右方向の時系列データのサンプルエントロピーに交互作用を認めることはできなかった。しかし、予備分析の結果、閉眼条件の前後方向について呼吸法後に増加したことが示された。サンプルエントロピーの増加は、COP軌跡の不規則性が増大したことを示し、姿勢制御の自動性が亢進したことを示す<sup>4)</sup>。したがって、この結果は本研究の仮説を支持する。

これについて、立位中に呼吸法を実施した板谷ら<sup>10)</sup>やItaya et al.<sup>11)</sup>も閉眼時に前後方向のCOP時系列データのサンプルエントロピーの増大を認めている。先に指摘したとおり、これらの先行研究の結果は、呼吸法が認知課題として作用したとも考えられ、その点に注意を要する。しかし、この影響を回避した本研究の結果をあわせると、これらの先行研究の結果は、本研究の仮説を補強すると考えられる。

前後方向のみでサンプルエントロピーが増大した理由には次のことが考えられる。ヒトの両足立位のバランスの制御は、特に外乱がない場合、主として足関節の矢状面上の回転によって行われる<sup>15)</sup>。このため、COP軌跡の前後方向の時系列データに制御特性がより強く反映されたと考えられる。

SDAの結果、呼吸の種類の違いはHIのみに反映した。一般に、COP軌跡のscaling exponentは、1秒程度までの時間間隔においてpersistence ( $H > 0.5$ )であることから、平衡点から一定方向に遠ざかるopen-loop制御によるCOPの挙動を示唆する。一方、より長い時間間隔ではanti-persistence ( $H < 0.5$ )を示し、感覚feedbackを利用し平衡点に戻るclosed-loop制御によるCOPの挙動を示唆する<sup>6)</sup>。本研究のHIの結果は、自然呼吸の場合と比較して、呼吸法を実施することによって比較的

長い時間間隔におけるCOP挙動のanti-persistence傾向が強くなったことを示している。つまり、呼吸法の実施によってclosed-loop制御がより厳密になったと考えられる。先行研究も、閉眼立位での呼吸法実施中のCOP軌跡のSDA分析の結果、HIが減少したと報告している<sup>10,11)</sup>。

これらの呼吸法の実施によると考えられる身体動揺の変化がどのようなメカニズムで生じるのか、統一的に理解することは容易ではない。静止立位で呼吸法を行っている間に動揺面積の減少を認めたItaya et al.<sup>11)</sup>は、Priplata et al.<sup>16)</sup>を引用して、呼吸法によって身体動揺が減少する仮説的機序を提案している。Priplata et al.<sup>16)</sup>は、閾値下のホワイトノイズ振動刺激を足底に加えるとCOP動揺が減少し、HIも低下することを見出している。Itaya et al.<sup>11)</sup>による仮説は次のとおりである。呼吸法によって姿勢制御の自動性が亢進し、COP軌跡がより不規則になる。それが体性感覚受容器に対して閾値下のノイズとして働き、受容器のfeedback閾値を低下させる。その結果、身体動揺のclosed-loop制御が厳密化し、動揺面積が減少する。

たしかに、本研究では呼吸法による動揺面積の減少を観察することはできなかった。しかし、本研究の結果はサンプルエントロピーの増大とHIの減少を認めており、これらの変化が上記のメカニズムで生じたことを否定するものではない。

#### 4.2. 呼吸法による気分の変化

TDMSの分析結果から、自然呼吸と比較して呼吸法実施後に活性度が有意に向上したことが明らかとなった。自然呼吸による安静後に活性度が低下したのに対して、呼吸法では活性度が高くなった。これにともなって、快適度も呼吸法実施後に高くなる傾向にあった。板谷と遠藤<sup>7)</sup>は、大学生を対象に仰臥位安静で自然呼吸と(「脱力法」と「収功」を省いた)呼吸法を行わせた結果、呼吸法でのみ快適度が向上したことを報告しており、本研究の結果と一致する。TDMSによって推定される快適度は、生理的ストレス状態を反映する唾液

中コルチゾール濃度との間に強い負の相関関係がある<sup>9)</sup>。したがって、呼吸法によって生理的ストレス状態が緩和されたことが示唆される。

呼吸法が姿勢制御の自動性を亢進させるメカニズムは現状では明らかにされていない。しかしながら、高所不安<sup>2)</sup>や難易度の高い暗算課題<sup>5)</sup>などのストレス要因によって立位姿勢の制御が影響を受けることは知られている。したがって、ストレス状態の緩和、すなわち、快適度の向上が姿勢制御の自動性を亢進させる可能性がある。

本研究において、覚醒度は自然呼吸後に4ポイントほど低下したが、呼吸法後の低下は1ポイント未満と小さかった。自然呼吸による仰臥位安静は眠気を催すと考えられるが、呼吸法を行うことで、安静後にもかかわらず覚醒度が低下せず、快適度が向上し、活動に適した状態に変化した(図7)。これは呼吸法に覚醒を促す(と考えられる)「収功」と呼ばれる一連の作法が含まれているためだと推測される。

#### 4.3. 結論と今後の課題

本研究の結果、呼吸法を実施することで姿勢制御の自動性が亢進することが明らかとなった。

本研究で取り上げた呼吸法を含む東洋的身体技法は誰でも取り組むことができる低強度の運動であることから、その応用範囲は極めて広く、プロのアスリートやパフォーマーに限らずその恩恵を受けることができる。とりわけ、比較的転倒リスクが高い高齢者にとって有用な介入運動となり得ると考えられる。

今後、呼吸法の効果発揮メカニズムを解明するとともに、臨床場面における介入効果の検証が必要である。

#### 謝 辞

本研究はJSPS科研費25560300の助成をうけた。データ収集にご協力くださいました、鍋倉賢治教授、黒川心氏、白井祐介氏および中村春貴氏に深く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) Hodges, PW., Gurfinkel, VS., Brumangne, S., Smith, TC., Cordo, PC.: Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration. *Exp Brain Res*, 144(3): 293-302, 2002.
- 2) Carpenter, MG., Frank, JS., Silcher, CP., Peysar, GW.: The influence of postural threat on the control of upright stance. *Exp Brain Res*, 138(2): 210-218, 2001.
- 3) Vuillerme, N., Nafati, G.: How attentional focus on body sway affects postural control during quiet standing. *Psychol Res*, 71(2): 192-200, 2007.
- 4) Donker, SF., Roerdink, M., Greven, AJ., Beek, PJ.: Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control. *Exp Brain Res*, 181(1): 1-11, 2007.
- 5) Vuillerme, N., Vincent, H.: How performing a mental arithmetic task modify the regulation of centre of foot pressure displacements during bipedal quiet standing. *Exp Brain Res*, 169(1): 130-134, 2006.
- 6) Collins, JJ., De Luca, CJ.: Open-loop and closed-loop control of posture: A random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp Brain Res*, 95(2): 308-318, 1993.
- 7) 板谷厚, 遠藤卓郎: 意識的呼吸が気分にあぼす影響. 日本スポーツ教育学会第32回大会予稿集, 60, 2012.
- 8) 坂入洋右, 徳田英次, 川原正人: 心理的覚醒度・快適度を測定する二次元気分尺度の開発. 筑波大学紀要, 26: 27-36, 2003.
- 9) 征矢英昭, 加藤守匡, 坂入洋右, 木塚朝博, 緒形ひとみ, 西島壮, 大森武則, 大岩奈青, 楯岡卓, 中西康巳: 運動後の回復を表す新しいストレス指標の開発: 唾液中コルチゾール濃度からみた二次元気分尺度の有用性. 筑波大学体育学系紀要, 28: 181-186, 2005.
- 10) 板谷厚, 木塚朝博, 遠藤卓郎: 呼吸法が立位中の足圧中心軌跡にあぼす影響. 第67回日本体力医学会大会予稿集, 287, 2012.
- 11) Itaya, A., Kizuka, T., Endo, T.: Effects of the oriental breathing technique on the center of pressure trajectory while standing. 2nd Joint World Congress of ISPG and Gait and Mental Function Poster session 4 Abstracts, 28-29 (P4-C-78), 2013.
- 12) Roerdink, M., Hlavackova, P., Vuillerme, N.: Center-of-pressure regularity as a marker for attentional investment in postural control: A comparison between sitting and standing postures. *Hum Mov Sci*, 30(2): 203-212, 2011.
- 13) Lake, DE., Richman, JS., Griffin, MP., Moorman, R.: Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability. *Am J Physiol Reg I*, 283, 789-797, 2002.
- 14) 坂入洋右, 征矢英昭, 木塚朝博: TDMS手引き. アイエムエフ株式会社, 2009.
- 15) Horak, FB., Nashner, LM.: Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol*, 55(6): 1369-1381, 1986.
- 16) Priplata, A., Niemi, J., Salen, M., Harry, J., Lipsitz, LA., Collins, JJ.: Noise-Enhanced Human Balance Control. *Phys Rev Lett*, 89(23): 238101, 2002.

(板谷 厚 旭川校准教授)

(木塚 朝博 筑波大学体育系)

(遠藤 卓郎 つくば気功研究所)

付録

1. インストラクション動画の解説台本

開始前 この動画は呼吸法の手順と時間を統一するためのものです。はじめに脱力法を行い、次に呼吸法、最後に収功へと進んでいきます。

0' 00" まずオタマジヤクシの脱力法（付録2-1）をはじめます。頭の上で手を組んで、息を吐きながら踵と手でグーっと上下に伸びて、緊張させて一気にゆるめます。息を止めて、はい1, 2, 3。脱力しながら、くねくねくねとからだを揺らしていきます。

二回目です。息を吸ってグーっと伸びたら一旦息を止めて、1, 2, 3。

三回目です。息を吸ってグーっと伸びたら一旦息を止めて、1, 2, 3。

1' 30" 今度は7割ぐらいの力で息を吸って軽く背伸びをします。細く長く息を吐きながら両腕を下ろしていきます。脇が60°, 足が30°ぐらいに開きます。

2' 00" 両腕、両足と頭の収まりどころの良い位置を探します。左腕から、腕と肩に聞きながら行きつ戻りつして収まりのいいところを見つけます。左腕が見つかったら右腕、右腕が見つかったら左足と順にマイペースで見つけます。

3' 10" 頭も少しかしげたり、横を向いたりして収まりどころを探します（付録2-2）。

4' 00" では呼吸法をはじめます。鼻から吸って口から吐いていきます。気持ちのいいだけ吸って、気持ちのいいだけ吐けばいいです。無理にたくさん吸おうとか、しっかり吐ききろうなどと思わず、気持ちいいだけ吸って気持ちいいだけ吐いていけばいいです。

5' 30" 鼻から入ってくる息を感じ取りながら吸っていきます。口から出ていく息を感じ取りながら吐いていきます。

6' 30" ここからイメージの力を使って呼吸を深めていきます。鼻から入った息を、下腹の丹

田に導くように吸っていきます。吐くときは、息がからだの内側に広がって、全身の毛穴から出ていくようにイメージをします。さらに毛穴から出て、まわりの空間に溶けこんでいくまで意識で付いていってあげてください。

14' 00" それでは収功に入ります。両手でグーとパーを繰り返します。足でも同じようにします。少しずつ力強く、速くしていき、10回程度繰り返します。両手両足を天井に向けて、ゆっくり動かしてみます（付録2-3）。そしてだんだん強く、だんだん速くしていきます。

15' 00" 手足をゆっくりと下ろしてきて、膝を立てておしりで床を軽く叩きます（付録2-4）。リズムも強さも心地よいように、マイペースで叩きます。

15' 30" 両膝を両手で抱えるようにして、息を吐きながら胸に引きつけます（付録2-5）。息を吸いながら弛めていきます。もう一度繰り返します。

16' 00" 今度は右足だけ伸ばして、左足を、息を吐きながら外側にグーっと開いていきます。吸いながら戻して、息を吐きながら反対側の手で内側に倒してひねります。顔は足とは反対側に向けます（付録2-6）。吸いながら戻して、足を替えます。まず、吐きながら外側に開いて、吸いながら戻す。手をかえて吐きながら反対側にひねります。

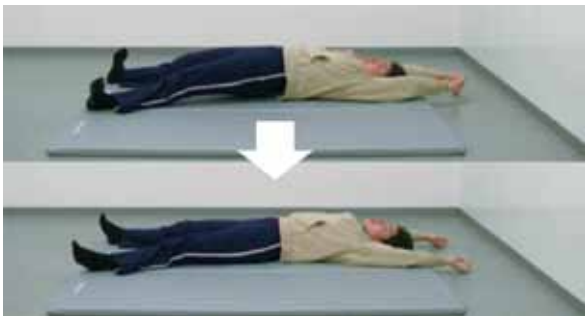
17' 00" 吸いながら戻して、両膝をグーっと胸に抱えて、ローリングをします（付録2-7）。

17' 15" 床に手をついて、ゆっくりと起き上がります。

17' 20" 背筋を伸ばして両手をこすります。顔を洗うようにこすります。両手をこすります。だんだん強く、だんだん速くして、今度は首から肩、腕を叩きます。胸をなで下ろすようにします。背中から足を叩きます。外側を叩いて内側を戻ります。最後に下腹の丹田をボンボンと叩きます（付録2-8）。

18' 00" はい、お疲れ様でした。

2. 呼吸法の作法（動画より抜粋）



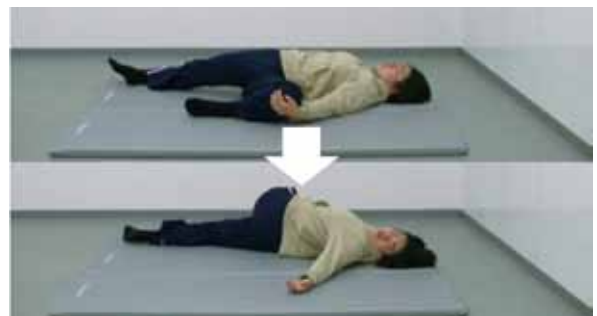
1. オタマジャクシの脱力法



5. 収功（その3）



2. 屍のポーズ（呼吸法を実施する際の姿勢）



6. 収功（その4）



3. 収功（その1）



7. 収功（その5）



4. 収功（その2）



8. 収功（その6）