

# 「生命」の身体性としての呼吸システム

## Respiration system as the Embodiment of Life

廣瀬 昇<sup>\*1</sup>  
Noboru Hirose

田中 和哉<sup>\*1</sup>  
Kazuya Tanaka

跡見 友章<sup>\*1</sup>  
Tomoaki Atomi

<sup>\*1</sup> 帝京科学大学

Teikyo University of Science

長谷川 克也<sup>\*2</sup>  
Katsuya Hasegawa

清水 美穂<sup>\*3</sup>  
Miho Shimizu

跡見 順子<sup>\*3</sup>  
Yoriko Atomi

<sup>\*2</sup> JAXA 宇宙研究開発機構

<sup>\*3</sup> 東京農工大学

Japan Aerospace Exploration Agency

Tokyo University of Agriculture and Technology

Respiration is one of the fundamental physical activities of life. Respiration system has a biological function to adapt the body to the environment. However, human can not notice sensitively as a new variable of respiratory function a slight change of mind and body in that it has been acquired once. Therefore, we also lose "the embodiment of life". We consider the foundation of the embodiment of life in the respiratory system in the process of rebuilding the relationship between mind and body and the environment.

### 1. はじめに

ヒトの呼吸は生命活動として最も原理的な身体運動のひとつである。また、ヒトの呼吸機能は身体や環境に適応する自律性に加えて、自己意識によりその方略を変換し他律性も加わった高次生命機能システムである。しかしながら、生得的な呼吸システムは必ずしも効率的ではない。そのため、一度獲得された呼吸は無意識下で心身のわずかな異常や外部環境など新しい変数の存在に気づきにくく、「生命」とする身体性が失われ健康を害する機会も比較的多い。本稿は、呼吸システムを身体と環境の関係を再構築するプロセスとして、異なる呼吸パターンを身体運動の環境条件から応答する呼吸システムを検討し、身体性基盤を探る試みをする。

### 2. 生命活動における呼吸調整機構(中枢性、末梢性の呼吸調節)

本来、ヒトの呼吸は中枢性と末梢性のそれぞれの制御系に階層性をもって調節され、呼吸の速度、リズム、深さを自律的に制御している。特に身体運動を伴う場合には、対応する骨格筋の酸素利用から呼吸数や換気量などが調整され、速やかに環境適応する。そのため、呼吸機能は、無意識下で制御されるシステム化された生体反応として捉えられる。

図1は基本要素が呼吸調整に重要な役割を担っていることを示している[1]。

これらの要素は、様々な外部環境下に適応する換気条件を補償するために必要な情報を多種感覚モダリティにより受動的に収集し、さらに各種の受容器より中枢調節器に向かってフィードバックとして情報を一方的に入力する。一度、集められた身体内部情報を中枢調節器となる部分が統合し、末梢部に向かって効率化を図ったインパルスを送る。そのインパルスを横隔膜、肋間筋、腹筋群を代表とした呼吸筋として機能する効果器が受

け取るが、それだけではなく、胸鎖乳突筋などの呼吸を補助する筋群の効果器も受け取り、換気機能を司る効果器として呼吸としての協調された機能性を成立させる。この一連のプロセスが生命のホメオスタシスの一助を担っている。

一方で、呼吸は深呼吸や発声など意図的に調節することも可能である。そのため、呼吸は必ずしも外部環境に適応する自律性調整だけでないことも理解できる。

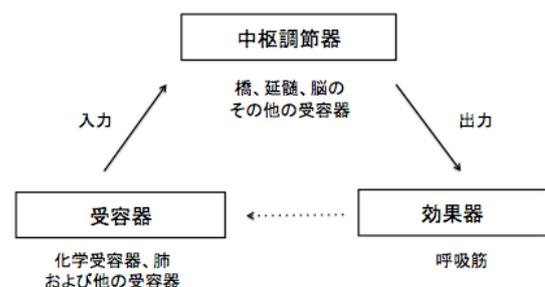


図1 呼吸調整系の基本的要素 (J.B.West 2008)

### 3. 運動時の呼吸応答と適応

身体運動に反応する呼吸は、深さと回数が増加することが多くの経験から理解できる。この運動時換気亢進の生理学的背景は現在までに多くの究明が為されてきたが、いまだ複雑で不明な点も多いとされている。一般的に運動時には骨格筋活動が増加し代謝が促進され、それに応じた酸素や二酸化炭素のガス交換や換気量の調整が必要となる。これらの調整には、中枢神経系からの制御、末梢(骨格筋や関節受容器)における神経性要因からの入力(感覚フィードバック・フィードフォワード)、体液性要因(化学調節)からの入力が呼吸中枢を刺激し、横隔膜などの呼吸筋の収縮・弛緩による呼吸運動を引き起こすことに繋がる。

そのため、運動時の換気調節には、中枢神経系や活動筋からの神経性の入力が大きく関与していることが考えられている。特に末梢化学受容器を介した化学調整(動脈血中の酸素分圧、

連絡先: 廣瀬 昇, 帝京科学大学医療科学部理学療法学科  
〒409-0193 山梨県上野原市八ツ沢 2525, Tel: 0554-63-4411

二酸化炭素分圧, 水素イオン濃度など)は制御機構に加えて更に換気を緻密に調節する重要な役割を果たしている [2]. 動脈血ガスの急速な変化や, 低酸素環境における運動時には化学調整系が換気調節に大きく貢献され [2], 運動には欠かせない生理現象であることが分かる. ここに身体と環境との接点があると考えられる.

#### 4. 運動時に意識化する呼吸(呼吸パターンの差による認知される呼吸運動)に関する検討

##### 4.1 目的

日々の呼吸は意識化されにくい身体行為のひとつとして捉えることができる. 筆者らはヒト特有の呼吸システムから意識と身体性を考えると, 腹式呼吸という効率的で機能的な呼吸法をことば化として促すことで, 「今までとは違うけど呼吸が楽である」のように事象を意識的焦点とできることを報告した. このことは生体環境に対する再認識を促し, 新しい呼吸法への気づきを促し, さらに身体と環境の関係性の再構築への繋がる. →このことは, 生体の内部環境に対する再認識を促し, 新しい呼吸法への気づき, さらに身体と環境の関係性の再構築へと繋がる. 特に安静時に呼吸することが無意識的かつ自動化することでなく, 意識的にことば化し, 体験から自己の身体を対象として「呼吸スキル」を獲得することが重要であると報告した[3].

本稿では前回に報告した安静時呼吸ではなく, 運動時呼吸を対象とし, 意識的な焦点に当てられることが出来るかどうかについて検討した. 前述のように運動時呼吸は安静時呼吸とは異なるシステムを持ち, また, 現在は運動時換気亢進の呼吸調節がどの部位で行っているかは特定に至っていない. 運動開始直後における換気急増時は, 中枢制御系からの換気を促進および抑制する刺激と末梢受容器系からの換気を促進および抑制する刺激の統合されることが推察されている. また, 近年, Amann らは, 下肢作業筋の代謝受容器, 侵害受容器からの体性感覚フィードバックは中枢性神経ドライブを抑制することも示唆されている[4]. つまり, 運動時に呼吸パターンを新たな変数として探索することを求めた.

##### 4.2 方法

健康成人1名を対象とした. 運動負荷は自転車エルゴメータ(フクダ電子機器社製ストレングスエルゴ 8)を用いて行った. 実験プロトコルは, 10 ワットで3分間の駆動後に毎分15ワットずつ増加させるランプ負荷法にて行うものとした. 運動中の脈拍数, 経皮的動脈血酸素飽和度(SpO<sub>2</sub>)をパルスオキシメーター(コニカミノルタ社製 PULSOX-300)で測定し, 息切れの程度を修正 Borg Scale にて安静時, 及び運動終了直後に聴取した. 測定中は, 機械的な測定誤差により生じる肺気量位のドリフト現象を補正するために, 対象者には安静時及び運動中に最大吸気を行わせた. 運動中の最大吸気は, 1分毎, そして運動終了直後に行わせた. さらに, 運動開始前, 及び終了直後に努力性最大吸気・呼気を3回ずつ行わせた.

肺気量位, 流量の測定は呼気ガス分析装置(ミナト医科学社製 AE300-s)を用いて行った. MFVL(最大努力フロー・ボリューム曲線)は AE-300s の extFVL(運動時1回換気フロー・ボリューム曲線)測定プログラムを用いて自動測定し, extFVL は各MFVL 測定を開始する直前の30秒間, 同様に自動測定した. さらに duty cycle(吸気時間/全呼吸時間), 呼吸数, 一回換気量, 分時換気量を算出した.

安静時, 最大運動時における FV 曲線は, 抽出した各呼吸の肺気量位, 流量から1呼吸毎の FV 曲線を作成し, 数回の

呼吸にて FV 曲線を平均することで作成した. 肺活量が最大値を示した努力性最大吸気・呼気のデータから FV 曲線を作成し, その上に安静時・最大運動時の FV 曲線を重ね合わせることで, 呼気流量及び肺気量位の変化を観察した.

運動負荷中の様子は, 運動負荷終了後に振り返ってもらい, 可能な限りことばに表現してもらった.

以上, 測定項目から①自由呼吸, ②腹式呼吸のそれぞれを意識化した呼吸パターン条件にて実施し, 両者を比較検討した.

##### 4.3 結果

両呼吸パターンにおける呼気 FV 曲線の形状とも呼気流量制限などの観察はされなかった. しかし, 腹式呼吸が自由呼吸に比べて, SpO<sub>2</sub> に相違はないものの, 心拍数, Borg Scale ともに改善傾向を示していた. なお, 腹式呼吸時の運動負荷後には, 「呼吸が楽にでき, エルゴメータ運動そのものがスムーズに実施できた」とのことばも聴取された.

##### 5. 考察

ひとの認知は, 考えること(心や意識のレベル), 身体運動・行為(モノとしての身体のレベル), 環境からの知覚の相互カップリングと提唱されている[5]. また, 身体動作を基盤とした認知過程において, 知覚(perception), 身体動作(body movement), 言語化(thought)による相互関係性から, 身体動作/姿勢保持/存在自体)と自己受容感覚を言葉にすることの重要性について述べている[6].

安静時および運動時の呼吸様式も例外ではないことが考えられる. 腹式呼吸や胸式呼吸など大まかな呼吸法は一般的に示されているものの, 細かな呼吸に関する方略を身体動作として言語化することは少ないが, 音楽・演劇など文化的な営みのなかで呼吸法に関連する内容が一部見受けられる. ゆえに原理的な呼吸について“リフレクション”を促し, 環境や身体に限られた特定状況にのみ適応できることから, 様々な環境や身体との関係性に発展すべきである. その内部環境と外部環境をつなぐ生命のホメオスタシスを強化のため, 呼吸システムとして最も必要な要因は“運動”と考える.

呼吸システムは身体の外環境の変化であっても自動化されやすい. しかし, 呼吸システムは認知過程において表現すべき身体運動・行為と位置づけ, 捉えることが必要と考える.

##### 参考文献

1. John B. West. Respiratory Physiology: The Essentials Eighth Edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2008
2. 宮本実春編: 運動生理学のニューエビデンス, 真興交易, 243-249, 2010.
3. 廣瀬昇他: 呼吸システムから考える意識と身体性, 第28回人工知能学会全国大会論文集, 2014.
4. Amann M: Somatosensory feedback from the limbs exerts inhibitory influences on central neural drive during whole body endurance exercise. J Appl Physiol Vol. 105, 1714-24, 2008
5. 諏訪正樹: 「こと」の創造: 行為・知覚・自己構築・メタ記述のカップリング, 認知科学, 11(1), 26-36, 2004.
6. 諏訪正樹: Embodied Meta-cognition の3つのフェーズ: 身体と言葉を繋ぐプロセス. 日本認知科学会第25回大会論文集, 2008.