

## 姿勢が最大発声時の呼吸補助筋の筋活動に及ぼす影響

小田原 守<sup>1)</sup> 大塚 裕一<sup>2)</sup> 宮本 恵美<sup>2)</sup>  
古閑 公治<sup>2)</sup> 久保 高明<sup>2)</sup> 船越 和美<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 医療法人社団 鶴友会 鶴田病院

<sup>2)</sup> 熊本保健科学大学

### How Body Position Affects Muscular Activity of Accessory Muscles of Respiration During Maximum Vocalization.

Odahara Mamoru<sup>1)</sup> Otsuka Yuichi<sup>2)</sup> Miyamoto Megumi<sup>2)</sup>  
Koga Hiroharu<sup>2)</sup> Kubo Takaaki<sup>2)</sup> Funakoshi Kazumi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Tsuruta hospital

<sup>2)</sup>KUMAMOTO Health Science University

**Abstract** : The purpose of this research is to understand the effects that changes in body position have on muscular activity of accessory muscles during vocalization.

Subjects were 14 healthy adults with no medical history of respiratory, musculoskeletal, or vocal organ issues. Measurements were made at three positions: supine, seated, and standing. Sound pressure level during maximum vocalization and muscular activity of rectus abdominis and abdominal external oblique muscles were measured.

A trend was observed for greater sound pressure level at maximum vocalization when standing compared to when seated ( $p=0.056$ ). No significant difference in rectus abdominis muscle activity was observed between the body positions. Significantly higher muscle activity for abdominal external oblique muscles when supine compared to when seated was observed ( $p<0.05$ ).

This research suggests that muscular activity of the accessory muscles of respiration during maximum vocalization changes due to differences in body position. This is expected to be of use for deciding on body position when practicing vocalization.

**Key Words** : body position, vocalization, accessory muscles of respiration

**抄録** : 本研究は、姿勢の変化が発声時の呼吸補助筋の筋活動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。対象は呼吸器系や筋骨格系、発声器官に既往歴の無い健常成人14名とした。測定姿勢は、背臥位、端座位、直立位の3姿勢とし、測定項目は最大発声時の音圧レベル、同発声時の腹直筋、外腹斜筋の筋活動とした。最大発声時の音圧レベルは、端座位に比べ直立位で大きくなる傾向を示した ( $p=0.056$ )。腹直筋の筋活動では姿勢間で有意差は認められなかった。外腹斜筋の筋活動では端座位に比べ背臥位で有意に高い値を認めた ( $p<0.05$ )。最大発声時の呼吸補助筋の筋活動は姿勢の違いによって変化することが示唆された。本研究の結果は、発声練習時の姿勢を検討する一助となることが期待される。

**キーワード** : 姿勢、発声、呼吸補助筋

## 1. 緒言

発声と呼吸は密接に関わっており、呼吸機能の変動により発声機能の変化することが知られている。発声時に主に働いている呼吸補助筋は、腹直筋や外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋などの呼気に関与する腹筋群から構成されており<sup>1)</sup>、発声などの努力性呼気を行うときに活動性が高くなる<sup>2)</sup>。呼吸補助筋の機能が低下すると声量低下を認めることがある。声量の低下はコミュニケーションの障害に繋がり、QOLを容易に低下させてしまう可能性がある。そのため、声量低下を改善させることは、QOLを早期に改善させるために重要である。

そのような声量低下が認められた方への訓練として、呼吸補助筋の機能低下を改善させる目的で発声訓練を実施することがある。発声訓練を用いる理由として、呼吸での訓練に比べ、強さや長さのフィードバックが行いやすく、発声の行為が呼吸に比べ具体的であるため、訓練の導入が行いやすいことなどが挙げられる。発声訓練を行う時の姿勢は、発声機能を十分に発揮することを目的に背臥位やリクライニング座位、車椅子座位などの姿勢調整を行うことが薦められている<sup>3)</sup>。

先行研究においても姿勢と肺活量などの呼吸機能、姿勢と発声機能などの関連が報告されている<sup>4),5)</sup>。また、姿勢の変化は呼吸補助筋の筋活動に影響を及ぼすことも報告されている<sup>6)</sup>。しかし、先行研究の多くは呼吸時を対象としており、発声時の呼吸補助筋活動についての研究は限られている。

そこで本研究では健常成人男性を対象に、姿勢が発声時の呼吸筋活動に及ぼす影響を明らかにする事とした。

本研究の臨床的意義として、姿勢が発声時の呼吸筋活動に与える影響を明らかにすることで、発声訓練時の姿勢を検討する一助となることが期待される。

## 2. 方法

対象は呼吸器系や筋骨格系、発声器官に既往のない健常成人14名（男性7名、女性7名）。年齢 $20.9 \pm 0.9$ 歳、身長 $163.8 \pm 9.9$ cm、体重 $59.8 \pm 14.7$ kgであった。

被験者には研究を実施するにあたり、実験内容、実験データの取り扱いについて説明を行い、苦痛などを感じた際は、自己にて実験を中止できることを伝え、協力の同意と署名を得た。

項目は呼吸機能のスクリーニング検査として肺活量(L)、一秒率(%)を測定した。呼吸機能検査はミナト社製スパイロメーター(AS-507)を使用して肺活量、一秒率を測定した。測定時の被験者の姿勢は端座位とした。被験者はノーズクリップで鼻腔を閉鎖して鼻漏出を抑えた。測定機器に接続されたマウスピースをくわえ、検査者の合図で、安静時呼吸、最大吸気、最大呼気を行った。

発声機能は最大音圧レベル(dBSPL)、最大音圧測定時の筋活動は腹直筋、外腹斜筋の筋活動(%MVC)を測定した。測定姿勢は背臥位、端座位、直立位の3姿勢とした。背臥位は下肢を肩幅に開き安楽な肢位とした。端座位は、股関節屈曲90度、膝関節屈曲90度とした。直立位は、下肢は肩幅に開き、上肢は体側に位置させ、安楽な肢位とした。

最大音圧レベルはリオン社製NL-21普通騒音計を使用し、各姿勢での最大音圧レベルを測定した。被験者は鼻漏出を防ぐために鼻腔をノーズクリップで閉鎖した。マウスピースから騒音計までの距離は30cmとした。検査者の合図で発声を開始し、音声は「あー」とし、発声を繰り返しながら、徐々に大きな声を出し、可能な限り大きな声を出すように指示をした。呼吸方法や胸式複式などの発声方法に関しては、被験者個々人の通常発声機能を測定するために、特別な教示は与えず、自然な発声方法とした。測定は3回行い、最大値を測定値とした。

発声時の筋活動では、表面筋電図を用いて測定するため表層筋である腹直筋と外腹斜筋を選択した。

表1 年齢、身長、体重

N	年齢(歳)	身長(cm)	体重(Kg)
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
14	20.9 ± 0.9	163.8 ± 9.9	59.8 ± 14.7

表2 呼吸機能

N	肺活量(L)	予測値(%)	一秒率(%)	予測値(%)
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
14	4.0 ± 0.9	87.8 ± 11.2	85.4 ± 4.4	93.8 ± 5.1

使用機器は日本光電社製筋電図用アンプ AB-621G を用いた。電極はディスプレイブルゲル電極を使用し、電極の大きさは1 cm×1 cmとした。測定設置部位に関して、腹直筋の電極位置は剣状突起の2横指下白線より2横指外側とし<sup>7)</sup>、外腹斜筋の電極位置は第8肋骨上とした<sup>8)</sup>。測定は皮膚表面処理後に実施した。筋活動の評価は徒手筋力検査測定姿勢での最大筋収縮を5秒間測定しそのうち安定した1秒間を積分し基準とした。各姿勢、各項目での測定時の最大筋収縮の前後0.5秒、計1秒間の積分値を基準値に対する百分率で評価した<sup>9),10)</sup>。

各姿勢間の最大音圧レベル、発声時の腹直筋・外腹斜筋の筋活動を比較した。各項目の3姿勢間の比較は1元配置分散分析反復測定法を用い、多重比較検定としてTukey法を用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。統計処理ソフトはStatMateV5.01を用いた。

倫理的配慮に関して、本研究は熊本保健科学大学疫学・行動科学 研究倫理審査(疫26-410)の承認を得て実施している。

### 3. 結果

最大音圧レベルは、背臥位で102.1±5.3dB SPL、端座位は100.1±5.0dB SPL、直立位は102.9±4.3dB SPLだった。直立位での最大音圧レベルは端座位と比較して大きくなる傾向であった。(p=0.056)

表3 最大音圧レベル

	N=14		
	背臥位	座位	立位
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
音圧 (dB)	102.1±5.3	100.6±5.0	102.9±4.3

p=0.056

最大音圧測定時の筋活動に関して、左腹直筋は背臥位で21.8±13.9%、端座位で20.7±8.7%、直立位で21.6±13.0%であった。右腹直筋は背臥位で22.6±10.8%、端座位で22.6±13.3%、直立位で21.7±11.9%であった。左右の腹直筋の筋活動では姿勢間で有意差は見られなかった。左外腹斜筋は背臥位で24.0±12.4%、端座位で17.3±10.0%、直立位で20.5±9.6%であった。右外腹斜筋は背臥位で32.8±19.6%、端座位で21.4±11.7%、直立位で

26.0±13.3%であった。左右の外腹斜筋共に、背臥位は端座位に比べ有意に高い値であった (p<0.05)。

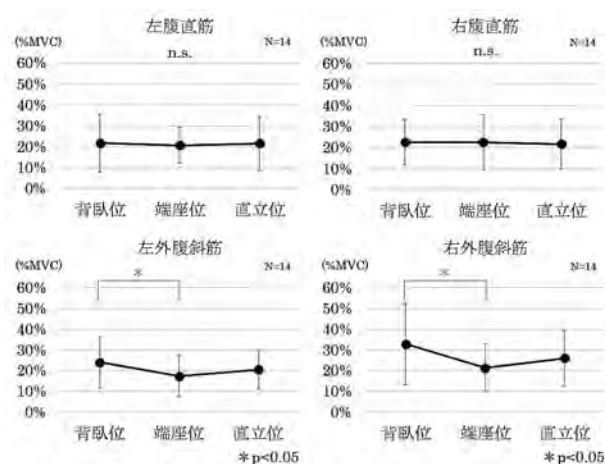


図1 最大音圧測定時の呼吸補助筋の筋活動

### 4. 考察

姿勢が最大音圧レベルに及ぼす影響に関して、直立位での最大音圧レベルは端座位と比較して大きくなる傾向を示した。測定結果においては直立位での発声が一番高い値を示し、次いで背臥位、端座位の順となった。

背臥位での発声に関して、声の強さに関与する要因は、声門閉鎖力と声帯振動様式、声門下圧である<sup>11)</sup>。背臥位における肺活量は座位や立位などの姿勢に比べ低下することが知られており<sup>12),6)</sup>。背臥位の呼気筋力 (PEmax) は座位に比べ有意に低下するといわれている<sup>12),13)</sup>。本研究の課題は先行研究と同様の瞬間的な呼気(発声)を行っていることから、背臥位では端座位と直立位に比べ肺活量、呼吸筋力が低下していることが考えられる。そのことより、声門下圧が低下し、声の強さは小さくなることが推測される。しかし、測定結果において端座位、直立位と比較して有意差が見られなかった。このことから、声の強さに関与する他の要因である声門閉鎖と声帯振動様式による代償反応が考えられた。声を強く出す際は、声帯内転筋、特に声帯筋の収縮が増し、声質は高くなる傾向にあり<sup>14)</sup>、基本周波数が高くなると音圧レベルも上昇するといわれている<sup>15)</sup>。通常、声を強く出す際は、声門閉鎖力、声門下圧の両者が同調して増大する傾向を示す<sup>11)</sup>とされているが、背臥位のように声門下圧が低下する状態では、不足している声門下圧を補うために、過剰な声門閉

鎖を行い、声帯振動様式を変え、通常の発声より高い声を出していることが考えられる。そのため、背臥位での発声は端座位と直立位と変わらない発声パフォーマンスを発揮できたのだと考えた。

端座位での発声は、測定姿勢の中で一番小さな値を示した。端座位での姿勢は背臥位に比べ、腹腔内臓器の下降により横隔膜への伸張圧迫が減少し、また背側面の制限がなくなるため、胸郭の拡張性の制限を受け難く吸気呼気が行いやすくなる。しかし一方で、端座位により骨盤は背臥位と直立位に比べ後傾し、骨盤傾斜角度が浅くなることが考えられる。そのため、肋骨下縁から腸骨稜前方間の外腹斜筋の筋長が短くなり、筋の長さ-張力の関係から収縮効率を低下させている可能性がある<sup>16)</sup>。これらのことから、端座位での発声は背臥位に比べ吸気呼気が行いやすい姿勢にも関わらず、姿勢間で一番小さな値を示したのではないかと考えた。

直立位での発声は、姿勢間で一番大きく、端座位と比較し最大音圧レベルが大きくなる傾向を示した。直立位は背臥位とは異なり、背側圧迫に伴う胸郭の拡張制限が少なく、十分な可動性が確保され、腹部内臓器の上方移動による横隔膜筋への圧迫は無く、肺活量への影響も少ない。また、端座位と比較し骨盤傾斜は前傾し、外腹斜筋の筋長は長くなることが予測され、筋の長さ-張力の関係から収縮効率を高くなることが考えられる<sup>16)</sup>。そのため、直立位での最大発声は他の姿勢と比較し高いパフォーマンスを発揮できたのだと考えた。

最大音圧測定時の筋活動に関して、腹直筋は姿勢間で有意差は見られなかった。その理由として、Abeら<sup>17)</sup>はCO<sub>2</sub>刺激に対する腹筋群の応答は、腹横筋が最も高く、その後内腹斜筋と外腹斜筋が続く、腹直筋は殆ど活動が見られなかったとしている。また、一場ら<sup>8)</sup>は呼吸抵抗負荷時の呼吸筋活動を記録しており、腹直筋の筋活動量は、外腹斜筋の1/4程度であったと報告している。Cresswell<sup>18)</sup>は、体幹屈曲時の最大等尺性収縮の筋活動に対して、息こらえ時の腹筋群の筋活動の割合は外腹斜筋37%、腹直筋4%であったとしている。これらのことから、同じ呼吸補助筋であっても、呼気時にはより内部の筋が選択的に活動し、外側の筋である腹直筋は筋活動が低いことが推測される。そのため、姿

勢が変化した場合でも、腹直筋の筋活動には差が見られないのだと考えた。

外腹斜筋に関しては、背臥位は端座位よりも筋活動が有意に高くなることが示された。声の強さに関与する要因に声門下圧があり、声門下圧は肺活量や呼気筋力の影響を受けるとされている。keraら<sup>6)</sup>は、肺活量は座位、立位に比べ背臥位で有意に低下していると報告している。背臥位で肺活量が低下する要因としては、胸郭背側が圧迫されることで、胸郭の拡張性を抑制することや<sup>19)</sup>、腹腔内臓器による胸郭方向への偏移が横隔膜を圧迫し、吸気時の横隔膜機能を制限している<sup>20)</sup>ことが考えられる。背臥位での呼気筋力の低下においても、同様のことが考えられ、背臥位による胸郭肺側の圧迫、拡張性の制限が上げられる。背臥位は端座位や直立位に比べ、肺活量や呼気筋力の低下が推測され、そのため発声効率が低下することが考えられる。それらを補うための代償的な発声に伴い、外腹斜筋の筋活動は高くなったのだと考えた。

以上のことから、直立位での最大発声は他の姿勢に比べ高い音圧レベルを発揮できることがわかった。直立位での発声訓練においては、音圧レベルなどの視覚的フィードバックを行うことにより、患者に他の姿勢との音圧レベルの差を示すことができ、より発声努力を促すことができるのではないかと考える。また我々人間は最大発声を行う際に、直立位をとることが自然である。車椅子生活や、入院生活の患者に対し、直立位での発声訓練は身体機能の向上のみならず、満足感や達成感を与えることが期待される。端座位での最大発声は他の姿勢に比べ一番低い発声機能となった。また筋活動に関しても背臥位に比べ有意に低い値となった。座位での発声は筋活動が低活性になるため、他の姿勢に比べ低負荷での訓練に適していることが考えられる。背臥位での最大発声に関しては、その姿勢の特性に伴い代償的な運動が行われ、筋活動が高くなることが示された。

現行の発声訓練時の姿勢設定においては、背臥位を訓練姿勢に設定することは少なくい。脳卒中や誤嚥性肺炎など呼吸発声機能が低下した患者に対し、呼吸補助筋の筋活動を重視した発声努力を求める高負荷の訓練を行うのであれば、これまでの言語聴覚療法で用いられてきた訓練姿勢に加え、背臥位での

発声訓練の有用性が期待される。ただし、筋萎縮性側索硬化症など高負荷の筋力強化が禁忌とされる患者や声帯などに器質的な異常がある患者への適応は慎重にならなくてはならない。

本研究の限界として、今回の研究では発声方法の統制を行っておらず、被験者個人々の自然な発声方法としている。発声方法の違いにより使用される内喉頭筋は異なることが予測され、発声機能に影響を及ぼしている可能性がある。また呼吸補助筋においても呼吸様式や発声方法によって使用される呼吸補助筋は異なることが考えられ、姿勢が呼吸補助筋へ及ぼす影響に差異が生じている可能性がある。今後は被験者の呼吸様式の調査や呼吸方法、発声方法の統一を検討していく。

## 5. 結論

発声機能の低下はコミュニケーション手段を奪い、QOLを容易に低下させてしまう可能性がある。効率の良い呼吸機能訓練や発声訓練を提供することは、早期にQOLを改善させるために重要なことであると思われる。今回の結果より、臨床の現場で発声練習を行うときは、十分な呼吸機能発声と機能を発揮するための姿勢設定だけでなく、姿勢の違いによる呼吸補助筋の筋活動の特性も踏まえた訓練姿勢の設定も必要であると考えた。本研究の言語聴覚療法における臨床的意義として、姿勢が発声時の呼吸筋活動に与える影響を明らかにすることで、訓練時の姿勢を検討する一助となることが考えられる。

## 引用文献

- 1) ジョン M パーマー：ことばと聞こえの解剖学。(田邊等 医学監修、三田地真実 監訳)。学苑社、pp157-160、2005。
- 2) Pettersen V : Muscular patterns and activation levels of auxiliary breathing muscles and thorax movement in classical singing. *Folia Phoniatr Logop*, 57: 255-277, 2005.
- 3) 西尾正輝：ディサースリアの基礎と臨床。第3巻 臨床実用編。インテルナ出版、pp3-7、2006。
- 4) 神津玲：コメディカルのための呼吸理学療法最新マニュアル。(中尾史、田野晶子、北村ひとみ編)。メディカ出版、pp17-18、2005。
- 5) 平野実、大田黒延寿：体位ならびに頭位の音声におよぼす影響。耳鼻臨床、38：445-450、1965。
- 6) Kera T, Maruyama H : The Effect of Posture on Respiratory activity of the Abdominal Muscles. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 24: 259-265, 2005.
- 7) Aldo O Perott : 筋電図のための解剖ガイド、—四肢・体幹 第3版 (栢森良二監訳)。西村書店、pp264-265、1997。
- 8) Ng JK-F, Kippers V, Richhardson CA : Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 38: 51-58, 1998.
- 9) 一場友実、解良武士、島本隆司、他：呼吸負荷抵抗の相違による呼吸運動の分析。理学療法学、17：195-198、2002。
- 10) 金子秀雄、永井良治、吉住浩平：最大吸気測定の反復にともなう呼吸筋活動の変化。理学療法学、25：487-492、2010。
- 11) 梅野博仁、讃岐徹治：新編声の検査法、(日本音声言語医学会編)。医歯薬出版株式会社、pp136-137、pp190-191、2009。
- 12) 山科吉弘、田平一行、増田崇、他：姿勢が咳の最大流量 (Cough Peak Flow) に与える影響。バイオフィリアリハビリテーション研究、7：1-5、2011。
- 13) Costa R, Almeida N, Ribeiro F : Boy position influences the maximum inspiratory and expiratory mouth pressures of young healthy subjects. *Physiotherapy*, 101: 239-241, 2015.
- 14) 平野実：歌声の調整機構。音声言語医学、11：1-11、1970。
- 15) 小宮山荘太郎：音声の新しい評価法 PHONOGRAMによる検査法。耳鼻、18：428-440、1972。
- 16) 市川毅、木村雅彦、室崎朋美：立位姿勢の違いが呼吸筋活動と胸郭運動および呼吸機能に及ぼす影響、胸郭と骨盤の位置関係に着目して。臨床理学療法研究、6：39-42、2009。
- 17) Abe T, Kusahara N, Yoshimura N, et al : Differential respiratory activity of four abdominal muscles in humans. *J Appl Pphysiol*, 80: 1379-1389, 1996.
- 18) Cresswell AG, Grundstrom H, Thorstensson A : Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. *Acta Physiol Scand*, 144: 409-418, 1992.
- 19) Kaneko H, Horie J : Breathing movements of the chest and abdominal wall in healthy subjects. *Respir Care*, 57: 1442-1451, 2012.
- 20) Badr C, Elkins R M, Ellis R E : The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow. *Australian Journal of Physiotherapy*, 48: 95-102, 2002

受付日：2019年3月10日

受理日：2019年4月19日

