

原著論文

## 歯磨き動作中の呼吸様式・肺気量位 の変化と上肢肢位の関係

——3次元動作解析システムを用いて——

高 嶋 幸 恵<sup>1)</sup>・間 瀬 教 史<sup>1)</sup>・野 添 匡 史<sup>2)</sup>  
松 下 和 弘<sup>2)</sup>・高 山 雄 介<sup>2)</sup>・橋 詰 裕 美<sup>2)</sup>

Relationship between breathing pattern, lung volume and arm position  
while brushing the teeth : a 3-D motion analysis

TAKASHIMA Sachie, MASE Kyousi, NOZOE Masafumi,  
MATSUSHITA Kazuhiro, KOYAMA Yusuke and HASHIZUME Hiromi

### Abstract :

#### Background.

Research investigations on patients with COPD have reported that some common light daily activities may cause shortness of breath, for example, tooth brushing. However, the breathing patterns during tooth brushing in normal adults have not yet been investigated.

#### Methods.

The purpose of this research was to investigate the relationship between breathing pattern, lung volume, and arm position for normal adults while brushing their teeth in order to determine a comfortable brushing position for persons with COPD. Chest wall motions were analyzed by using a 3-D motion analysis. The subjects included 16 normal men. We measured and compared the breathing patterns at rest while sitting for one minute and while brushing free style and in predetermined patterns for two minutes each.

#### Results.

The results showed that the breathing rate increased while brushing, and a significant difference was observed for the difference between the breathing rate while sitting and tooth brushing. Irregular breathing patterns were noted during free style tooth brushing, but the lower rib cage showed a high lung volume when the upper limbs were held in abduction while tooth brushing.

#### Conclusions.

We believe that by placing the upper limbs down while tooth brushing may be easier for COPD patients and may help keep expiration constant.

**Key Words** : tooth brushing, breathing patterns, lung volume, 3-D motion analysis, arm position

**抄録**：呼吸器疾患患者に関する先行研究では、歯磨き動作のようなごく低負荷の日常動作においても呼吸困難を生じやすいと報告されている。一方、健常者における歯磨き動作中の呼吸様式についても十分明らかにされていない。

<sup>1)</sup>甲南女子大学看護リハビリテーション学部理学療法学科

<sup>2)</sup>兵庫医科大学ささやま医療センターリハビリテーション室

本研究の目的は、健常者における歯磨き動作中の呼吸様式・肺気量位の変化と上肢肢位の関係を経時的に明らかにし、COPD 患者にとって安楽な歯磨き方法を明らかにすることである。胸郭運動は3次元動作解析装置を用いて測定した。対象は健常男性16名で、椅子座位で1分間安静呼吸を測定後、任意の方法と指定した2つの肢位（下垂位・外転位）でそれぞれ歯磨き動作を2分間測定し、安静時と動作時の呼吸様式、肺気量位を比較した。その結果、動作時に呼吸数は増加し、呼気時間、呼吸数、肺気量位の変動係数に有意差が認められた。任意の方法での歯磨き動作中に不規則な呼吸が生じやすく、外転位での歯磨き動作時に下部胸郭は高肺気量位を呈することが明らかになった。

本研究の結果、上肢下垂位で呼気を一定に保ちながら歯を磨く方法が、COPD 患者にとって負担の少ない磨き方である可能性が示唆された。

キーワード：歯磨き動作、呼吸様式、肺気量位、3次元動作解析システム、上肢肢位

## 緒

## 言

## 対象と方法

重度な慢性閉塞性肺疾患（以下、COPD）患者は、日常生活における様々な動作で呼吸困難を感じている<sup>1)</sup>。COPDなどの呼吸器疾患患者では、運動負荷として低負荷である洗面動作でも呼吸困難が生じるとの報告<sup>2)</sup>があり、その原因として体幹の屈曲を伴う上肢挙上動作を反復して行うことで、横隔膜などの呼吸筋に対する負荷量の増大が問題であるとされている<sup>3)</sup>。この様なCOPD患者が、呼吸困難を生じる動作の1つである上肢を使用する動作に関して、動作中の換気や代謝の変化に関する先行研究や、健常者と呼吸器疾患患者の比較検討は行われているが<sup>2-13)</sup>、歯磨き動作に限定して着目した報告は少ない。Tangriら<sup>14)</sup>はストレングージを用いて歯磨き中の胸郭運動の測定を行い、歯磨き動作中の呼吸が浅く、不規則になり、動作後の一回換気量が増大することを報告している。健常者においても同様の変化が観察されているにもかかわらず、COPD患者のみ呼吸困難が生じるメカニズムについて十分解明されておらず、具体的な介入手段はいまだ明らかでない。健常者における歯磨き動作中の呼吸様式の詳細な変化と、それに影響を及ぼす要因を明らかにすることは、呼吸困難により動作が困難となっているCOPD患者に対し、具体的な歯磨き動作方法の指導を行う上で非常に重要であると考えられる。そこで、健常成人男性を対象に3次元動作解析装置を用いて歯磨き動作中の経時的なchest wallの体積変化を測定し、呼吸様式及び肺気量位の変化について検討した。さらに、上肢肢位と歯磨き動作中の肺気量位変化の関係について検討した。

本研究は、甲南女子大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。全ての対象者に研究の目的、測定方法、データの取り扱いについて文書を用いて説明し、協力の同意を得て実施した。対象は呼吸器疾患の既往がない健常男性16名（年齢平均 $25.8 \pm 4.6$ 才、身長平均 $173.5 \pm 7.0$  cm、体重平均 $65.6 \pm 9.1$  kg）であった。

測定には直径9 mmの反射マーカーを使用し、Calaら<sup>15)</sup>の方法に準じてchest wallの体積測定を目的として体表面に86個、上肢肢位の測定目的で右肘頭部及び手関節背側中央部に各1個、合計88個貼り付けた（図1）。3次元動作解析システム（Motion Analysis社製Mac 3D System光学式リアルタイムモーションキャプチャーシステム）を用いて、計8台の赤外線カメラでマーカー位置を撮影した（図2）。

〈測定①〉安静時と歯磨き動作時の呼吸様式・肺気量位の計測

測定肢位は椅子座位とし、安静時1分（以下、安静時）と歯磨き動作時2分（以下、動作時）の測定を連続して実施し、歯磨き動作は各対象者が日常行っている任意の方法で実施した。歯ブラシと歯磨き粉は、全例同一の製品を用いた。歯ブラシは全例右手で把持し、左手は大腿部直上に置いた。

撮影したデータをサンプリング周波数100 Hzで解析ソフト（Motion Analysis社製EvaRT 5.04）に取り込み、反射マーカーの経時的な座標データを算出した。次に、Calaら<sup>15, 16)</sup>の方法に準じて得られた座標データから、同一平面上に位置するマーカーの midpoint (O) を求め、その midpoint を頂点に、3つの隣接する体表

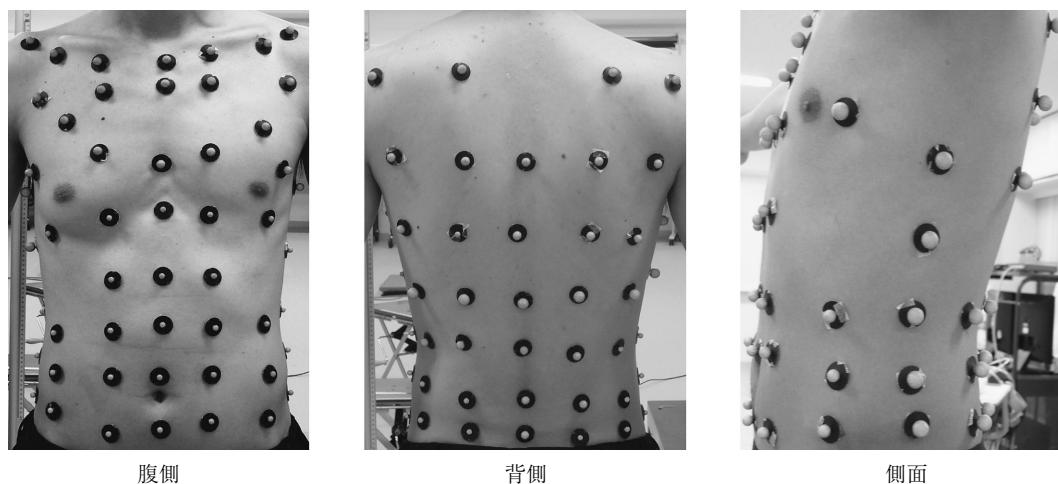


図1 マーカー貼り付け位置

反射マーカー：直径 9 mm

個数：体幹 86 個 右肘頭部・右手関節背側中央部 各 1 個

貼り付け位置：S. J. Cala らの方法に準ずる。

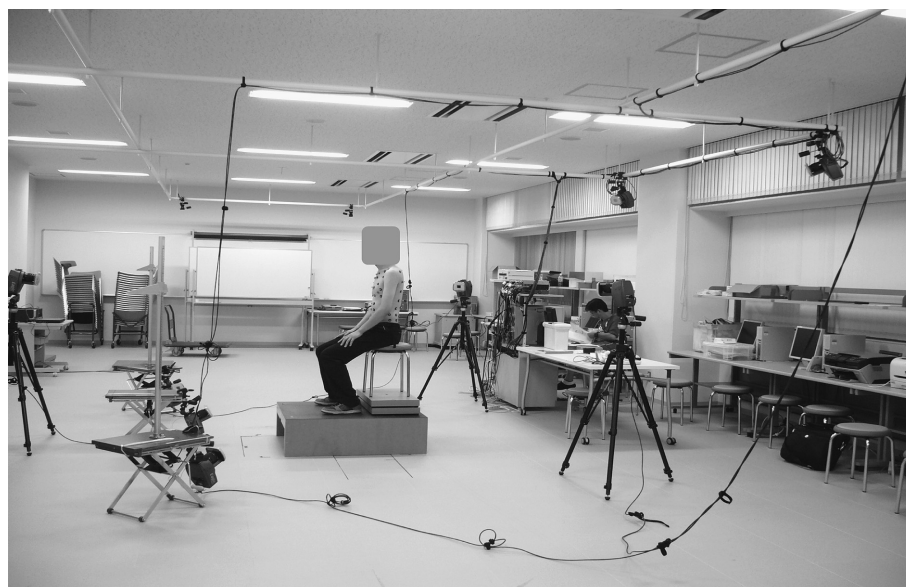


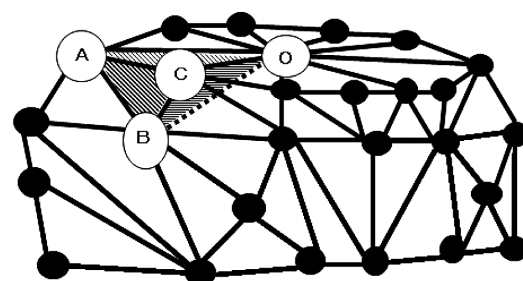
図2 測定環境

被験者：中央部 赤外線カメラ：前方4台後方4台

面マーカー (A, B, C) からなる三角形を底面を持つ四面体を計 219 個作成し、それぞれの四面体の体積を求め合計して chest wall の体積 (以下,  $V_{cw}$ ) を算出した (図 3)。

得られた経時的  $V_{cw}$  波形から、吸気時間、呼気時間、呼吸数、一回換気量、終末呼気肺気量位 (end-expiratory lung volume 以下,  $EELV_{cw}$ )、終末吸気肺気量位 (end-inspiratory lung volume 以下,  $EILV_{cw}$ ) を算出した (図 4)。

安静時と動作時の比較には、30 秒毎の各項目の平均値と、相対的なばらつきを示す係数である変動係数を算出した。動作時の値は、開始から 30 秒間の値を 30 sec 後、その後 30 秒毎に 60 sec 後、90 sec 後、120

図3 胸郭体積  $V_{cw}$  の算出方法

O：マーカー水平面上の中心  
A, B, C：体表面上のマーカー

sec 後とした。肺気量位については、最大呼気時の体積を 0 として最大吸気時に得られた肺気量位を 100% として正規化した。

## 〈測定②〉異なる上肢肢位での呼吸様式・肺気量位の計測

測定①の対象者から5名(年齢平均  $30.8 \pm 5.4$  才, 身長平均  $176.6 \pm 6.7$  cm, 体重平均  $74.0 \pm 11.6$  kg)を抽出し, 各対象者は上肢を体側に下した状態(以下, 下垂位)と, 肩関節を外転位に保った状態(以下, 外転位)の2つの肢位で歯磨き動作を実施した(図5)。

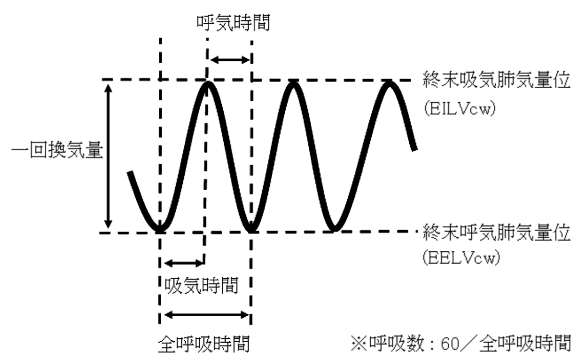


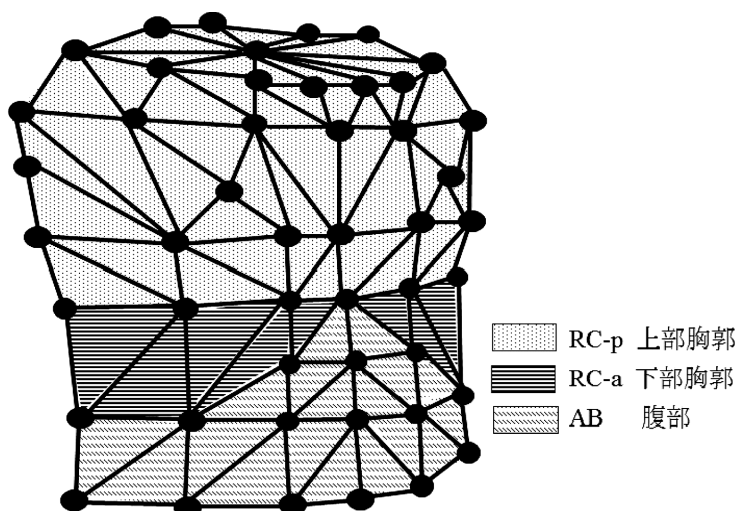
図4 Vcw 波形の分析項目



下垂位

外転位

図5 測定肢位



RC-p 上部胸郭  
RC-a 下部胸郭  
AB 腹部

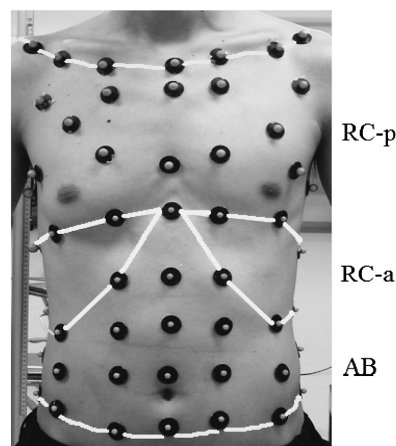


図6 測定部位の内訳

測定①と同様に, 得られた経時的 Vcw 波形から, 吸気時間, 呼気時間, 呼吸数, 一回換気量, EELV, EILV を算出した。Vcw は, Kenyon ら<sup>16)</sup>の方法(1997)に準じて chest wall を上部胸郭(以下, RC-p)・下部胸郭(以下, RC-a)・腹部(以下, AB)に分け, 上部胸郭体積(以下, Vrc-p), 下部胸郭体積(以下, Vrc-a), 腹部体積(以下, Vab)に分けて算出した(図6)。RC-p と RC-a の境界は, 剣状突起のレベルとし, RC-a と AB は, 前面については剣状突起から肋骨弓下縁に沿って下ろした直線で, 後側面は肋骨下縁で分けた。

RC-p, RC-a, AB 毎に EILV, EELV を算出し, 最大呼気時の体積を 0 として最大吸気時に得られた肺気量位を 100% として正規化し, 下垂位と外転位で比較した。

統計学的検定には, 統計パッケージ SPSS 12.0 J for Windows を用いた。安静時と各動作時における呼吸様式の項目の比較, 変動係数の比較には Dunnett の多重比較を実施し, 各肢位での呼吸様式, 部位別 EELV, EILV について, 安静時と動作時の変化の比較には二元配置分散分析を実施した。危険率はいずれも 5% 未満を有意水準とした。

## 結 果

### 1. 安静時と歯磨き動作時の呼吸様式の比較(表1)

吸気時間と呼気時間について, 安静時と比べて, 30 sec 後, 60 sec 後, 90 sec 後, 120 sec 後における有意差はなかったものの, いずれも動作時に短縮する傾向が認められた。

呼吸数は, 安静時と比べ, 全ての時点において有意

表 1 安静時と歯磨き動作時の呼吸様式の比較

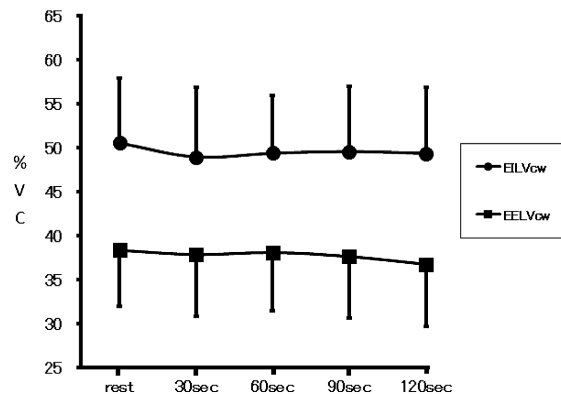
	rest	30 sec	60 sec	90 sec	120 sec
吸気時間 (sec)	1.47 ± 0.42	1.48 ± 0.63	1.24 ± 0.32	1.36 ± 0.74	1.39 ± 0.40
呼気時間 (sec)	2.31 ± 0.20	2.10 ± 0.74	1.90 ± 0.34	1.92 ± 0.46	2.06 ± 1.09
呼吸数 (beats/min)	17.0 ± 0.5	19.7 ± 1.8*	20.4 ± 2.0**	20.3 ± 3.0**	19.6 ± 2.4**
一回換気量 (ml)	500.2 ± 20.1	480.9 ± 91.9	483.7 ± 147.8	505.4 ± 107.7	537.5 ± 127.8

(mean ± SD) \*p&lt;0.05 \*\*p&lt;0.01

ANOVA Dunnett 検定：rest と 30 sec, 60 sec, 90 sec, 120 sec の比較

EILVcw：end-inspiratory lung volume 終末吸気肺気量位 (chest wall)

EELVcw：end-expiratory lung volume 終末呼気肺気量位 (chest wall)



EILVcw：end-inspiratory lung volume 終末吸気肺気量位(胸部)

EELVcw：end-expiratory lung volume 終末呼気肺気量位(胸部)

ANOVA Dunnett検定：restと30sec,60sec,90sec,120secの比較

有意差なし

図 7 終末吸気位及び終末呼気位における肺気量位の変化

表 2 安静時と歯磨き動作時の変動係数の比較

	rest	30 sec	60 sec	90 sec	120 sec
吸気時間 (sec)	12.7	23.2	26.0	29.8	24.7
呼気時間 (sec)	10.6	22.2*	22.9*	19.2*	23.8*
呼吸数 (beats/min)	8.2	15.7	18.6*	20.9*	20.8*
分時換気量 (L)	15.8	26.42	30.19	26.49	30.89
一回換気量 (ml)	11.6	24.9	28.8	25.1	30.4*
EILVcw (%VC)	2.1	5.7	6.0	5.2	8.9*
EELVcw (%VC)	1.9	4.2	4.5	3.6	5.6*

\*p&lt;0.05

ANOVA Dunnett 検定：rest と 30 sec, 60 sec, 90 sec, 120 sec の比較

変動係数 (CV：coefficient of variation)：各分析項目の SD / 各分析項目の mean × 100 (%)

EILVcw：end-inspiratory lung volume of chest wall 終末吸気肺気量位 (chest wall)

EELVcw：end-expiratory lung volume of chest wall 終末呼気肺気量位 (chest wall)

(30 sec 後 p<0.05, 60 sec 後, 90 sec 後, 120 sec 後は p<0.01) に増加した。

一回換気量は、安静時に比べて、30 sec 後, 60 sec 後, 90 sec 後, 120 sec 後の全ての時点で有意差を認めなかった。

## 2. 安静時と歯磨き動作時の肺気量位の比較 (図 7)

EILVcw, EELVcw とともに、安静時と比較していずれの時点においても有意な変化は認めなかった。

## 3. 安静時と歯磨き動作時の変動係数の比較 (表 2)

各分析項目の変動係数を、安静時と動作時で比較した。吸気時間の変動係数については、安静時と動作時の間に有意差は認められなかったが、呼気時間の変動係数では、安静時と比較して 30 sec 後, 60 sec 後, 90 sec 後, 120 sec 後に有意に高い値を示し、呼気でばらつきが生じていた。

呼吸数の変動係数では、安静時と比較して 60 sec 後, 90 sec 後, 120 sec 後に有意に高い値を示した。一回換気量の変動係数については、安静時と比較して 120 sec 後に有意に高い値を示した。

肺気量位の変動係数について EILVcw, EELVcw とともに安静時と比べ、120 sec 後に有意に高い値を示した。

## 4. 肢位別呼吸様式の比較 (表 3)

吸気時間, 呼気時間, 呼吸数, 一回換気量について

表 3 肢位別 呼吸様式の比較

	下垂位		外転位	
	安静時	動作時	安静時	動作時
吸気時間 (sec)	1.33 ± 0.31	1.01 ± 0.07	1.25 ± 0.19	1.05 ± 0.16
呼気時間 (sec)	2.00 ± 0.19	1.61 ± 0.15	2.23 ± 0.66	1.85 ± 0.49
呼吸数 (beats/min)	18.5 ± 1.8	23.4 ± 1.4	17.9 ± 3.2	22.0 ± 3.7
一回換気量 (ml)	463.5 ± 63.1	500.6 ± 26.1	505.6 ± 23.1	599.9 ± 123.6

(mean ± SD) 有意差なし

Two-Way ANOVA 多変量検定：下垂位と外転位の比較

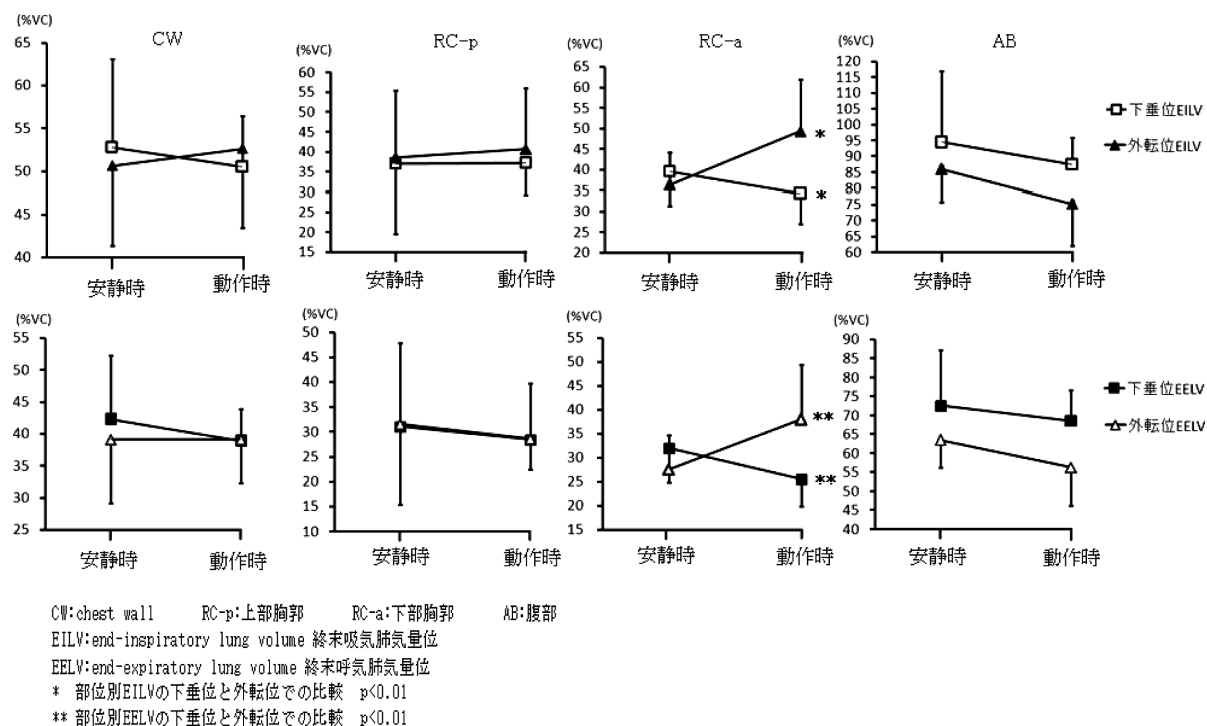


図8 肢位別 安静時と動作時の肺気量位の比較

下垂位と外転位で比較した結果、有意差を認めなかった。

## 5. 肢位別肺気量位の比較 (図8)

下垂位と外転位における歯磨き動作時において、EILVcw・EELVcw, EILVrc-p・EELVrc-p, EILVab・EELVab には有意差を認めなかった。一方、EILVrc-aとEELVrc-aについては、下垂位では安静時から動作時にかけて下降傾向を示したが、外転位では上昇し高肺気量位を示した。

## 考 察

安静時と動作時の呼吸様式を比較した結果、歯磨き動作時における呼吸数の増加を認めた。一般に運動負荷強度が低い場合は、一回換気量の増大に依存する分時換気量の増加が生じ、負荷強度が中等度以上で呼吸数の増加に依存する分時換気量の増加が生じると言われている<sup>17)</sup>。歯磨き動作は運動負荷として軽負荷であるにもかかわらず呼吸数増加が生じたのは、歯磨き動作時に口を使用することから、歯磨き動作中は呼吸経路として口を用いることが困難になっている可能性が考えられた。また、動作中に口腔内が水分で満たされてくると、咽頭への水分流入を予防するため鼻呼吸に依存している可能性が考えられた。鼻呼吸では、口呼

吸と比べて気道抵抗の上昇により残気量の増加や肺活量の減少が生じること<sup>18)</sup>や、安静呼吸では口呼吸よりも鼻呼吸において呼吸数が多く、また分時換気量が有意に増加すると報告されている<sup>19)</sup>ことから、歯磨き動作時に呼吸経路が移行した結果、呼吸数の増加が生じたと考えられた。

次に、歯磨き動作中における呼吸様式の相対的なばらつきを評価するために変動係数を用いて比較した結果、歯磨き動作中の呼気時間・呼吸数・一回換気量・肺気量位にばらつきが生じていた。Smith ら<sup>20)</sup>は、食事や飲水時の呼吸パターンの変化を測定し、安静時と比較して摂食嚥下中に不規則な呼吸パターンが増すと報告しており、安静呼吸と比べて摂食嚥下中の一回換気量、吸気時間、呼気時間、VT/Ti の変動係数が高く、それぞれの測定における終末呼気肺気量が時間の経過とともに変化していくと述べている。また、この変化は健常人には大きな影響を及ぼさないが、肺疾患を有する患者にとっては呼吸の仕事量増加という重度な影響を及ぼすため、この変化が COPD 患者の呼吸困難を招いている可能性<sup>20)</sup>があるとも述べている。今回、歯磨き動作時における各種項目の変動係数に、安静時と比較して有意差が認められたことから、歯磨き動作中には不規則な呼吸様式が生じており、それが COPD 患者における息切れや呼吸困難の一因となりうる可能性が示唆された。

歯磨き動作に伴う呼吸様式の変化の要因を特定するために、歯磨き動作を下垂位と外転位の二つの肢位で実施し、肢位の違いによる呼吸様式や肺気量位を比較した。その結果、上肢下垂位と外転位における EILVrc-a と EELVrc-a は、安静時から動作時にかけて有意に異なる傾向を示した。外転位で EILVrc-a と EELVrc-a が動作時に上昇した理由として、外転位では大胸筋胸肋部線維が伸張位となることによって大きな張力が生じ、下部胸郭がより拡張しやすくなっている可能性が考えられた。上肢挙上位では、呼吸時における横隔膜の負担増加が健常者において報告<sup>21, 22)</sup>されていることから、本研究で行った上肢外転位でも同様に、下部胸郭がより拡張する事で横隔膜への負荷が増加している可能性が示唆された。呼吸器疾患患者は、上部・下部胸郭と腹部の非同期的呼吸パターンが助長されており<sup>21, 23)</sup>、吸気・呼気の経横隔膜圧（腹腔内圧と胸腔内圧の差）の差異が増大する<sup>3, 24)</sup>など、不規則で横隔膜の負担が増加した呼吸様式を呈しているとされている。また、上肢挙上位で日常生活動作を行った場合、COPD 患者の換気負荷量が増大する<sup>6)</sup>と報告されている。加えて、上肢が固定されていない上肢挙上位で非支持上肢運動を行った研究においても、健常者の呼吸数や一回換気量、 $VO_2$ 、 $VCO_2$ 、呼吸困難感が増大する<sup>25)</sup>ことが確認されている。これらの原因として、上肢挙上により呼吸補助筋が呼吸運動を補助する割合が減少した結果、横隔膜の負担が増加する<sup>26)</sup>ことが指摘されている。本研究で行った歯磨き動作も、上肢が固定されていない非支持上肢運動であることから、横隔膜への負担をさらに増大させ、呼吸器疾患患者において呼吸困難がより生じやすい動作である可能性が示唆された。

整容動作時の換気機能の変化について、Marcelo ら<sup>5)</sup>は、整容動作を実施する前後に換気機能の測定を実施しているが、動作中の経時的な変化は明らかにされていない。本研究では実際に歯磨き動作を行いながら経時的測定が可能であるという三次元動作解析装置の利点を生かして測定を行ったことにより、動作中を通じて経時的な換気機能変化測定が可能となった。しかし一方で、Breslin ら<sup>22)</sup>は、異なる運動速度の非支持上肢運動時の呼吸様式ならびに呼吸困難感を比較し、速度が速い群に呼吸数や分時換気量、呼吸困難感の変化が遅い群より多く認められたと報告しており、歯磨き動作の速度が影響している可能性が推察されるが、本研究では速度の規定は設けなかったためこの点については今後の検討課題と考えられた。

今回、歯磨き動作中の呼吸様式の変化や、その呼吸様式に影響を及ぼす要因として上肢肢位に着目し、上肢肢位の違いが下部胸郭の肺気量位に影響を及ぼすことが明らかになった。このことから、呼吸時間を一定にして呼吸が速くならないように注意しながら上肢下垂位で歯磨きを行うよう指導することが、COPD 患者の呼吸困難を軽減するより良い指導法であると考えられた。今後は、歯磨き動作中の呼吸筋や呼吸補助筋の活動量の変化について、更なる検討が必要であると考ええる。

#### 引用文献

- 1) 奥座嘉康, 北川知佳, 田中貴子他：慢性呼吸不全患者の日常生活における上肢動作について. 長崎理学療法 2001; 2: 7-14.
- 2) 西山佐知子, 中村美知子：肺疾患患者の日常生活動作に伴う呼吸困難感の変動－経費的動脈酸素飽和度との関係－. Yamanashi Nursing Journal 2006; 4: 41-46.
- 3) Martinez FJ, Couser JI, Celli BR: Respiratory response to arm elevation of patients with chronic airflow obstruction. Am Rev Respir Dis 1991; 143: 476-480.
- 4) Velloso M, Stella SG, Cendon S, et al.: Metabolic and ventilatory parameters for activities of daily living accomplished with arms in COPD patients. Chest 2003; 123: 1047-1053.
- 5) Velloso M, Jose R Jardin: Study of energy expenditure during activities of daily living using and not using body position recommended by energy conservation techniques in patients with COPD. Chest 2006; 130: 126-132.
- 6) 石野友子, 北川知佳, 田中貴子他：慢性呼吸器疾患患者における上肢挙上が呼吸循環応答・自覚症に与える影響について. 長崎大学医学部保健学科紀要 2003; 16: 1-5.
- 7) Dolmage TE, Maestro L, Avendano MA: The ventilator response to arm elevation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. Chest 1993; 104: 1097-1100.
- 8) Mckeough ZJ, Alison JA, Peter TP: Arm positioning alters lung volumes in subjects with COPD and healthy subjects. Australian Journal of Physiotherapy 2003; 49: 133-137.
- 9) Couser JI, Martinez FJ, Celli BR: Respiratory response and ventilatory muscle recruitment during arm elevation in normal subject. Chest 1992; 101: 336-340.
- 10) 大友真弓, 佐藤悠, 飯田佳世他：一側上肢挙上運動と両側上肢挙上運動時における呼吸循環反応の比較. 理学療法科学 2003; 18: 79-82.
- 11) 岡前暁生, 間瀬教史, 野添匡史他：上肢挙上角度の変化が肺気量位と呼吸運動に与える影響. 理学療法兵庫 2007; 13: 54-58.
- 12) Martinez FJ, Strawderman RL, Flaherty KR et al.: Respiratory response during arm elevation in isolated diaphragm weakness. Am J Respir Crit Care Med 1999; 160: 480-

- 486.
- 13) 藤本繁夫, 栗原直嗣, 藤井達夫他: 肺気腫患者の上肢及び下肢運動時の換気反応の検討 - 上肢運動訓練の効果について -, 臨床スポーツ医学 1994; 11: 63-67.
- 14) Tangri S, Woolf CR: The breathing pattern in chronic obstructive lung disease during performance of some common daily activities. *Chest* 1973; 63: 126-127.
- 15) Cala SJ, Kenyon CM, Ferrigno G, et al.: Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. *J. Appl. Physiol* 1996; 81: 2680-2689.
- 16) Kenyon CM, Cala SJ, Yan S, et al.: Rib cage mechanics during quiet breathing and exercise in humans. *J. Appl. Physiol* 1997; 83: 1242-1255.
- 17) 解良武士, 古泉一久: 呼吸筋トレーニングによる持久性能力向上の可能性. 理学療法科学 2009; 24: 767-775.
- 18) 須賀龍治, 沢本潤子, 馬煥煥他: 口呼吸と鼻呼吸における肺気量測定値に関する検討. 臨床病理 1989; 37: 229.
- 19) Douglas NJ, White DP, Weil JV, et al.: Effect of breathing route on ventilation and ventilatory drive. *Respiration Physiology* 1983; 51(2): 209-218.
- 20) Smith J, Wolkove N, Colacone A, et al.: Coordination of eating, drinking and breathing in adults. *Chest* 1989; 96: 578-582.
- 21) Breslin EH: Dyspnea-limited response in chronic obstructive pulmonary disease reduced unsupported arm activities. *Rehabil Nurs* 1992; 17(1): 12-20.
- 22) Breslin EH, Garoutte BC: Respiratory responses to unsupported arm lifts paced during expiration. *W J Nurs Res* 1995; 17(1): 91-100.
- 23) Celli BR, Rassulo J, Make BJ: Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *N Engl Med* 1997; 314: 1485-1490.
- 24) Criner GJ, Celli BR: Effect of unsupported arm exercise on ventilator muscle re-cruitment in patients with severe chronic airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138: 856-861.
- 25) Breslin EH, Adams E, Lutz A, et al.: Instrument development in the measurement of unsupported arm exercise endurance in normal adult subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74(6): 649-652.
- 26) 高松一, 中原祥文, 平田俊幸 他: 上肢挙上運動を中心とした運動療法を実施し運動耐用能の改善を認めた Hugh-Johnes IV度の慢性閉塞性肺疾患患者 (COPD) の一例. 臨床スポーツ医学 1997; 14(8): 939-940.