信大・医短・紀要
Vol 21, 1995

健常人における胸郭運動抑制の影響

山本千登勢，藤原孝之，大平雅美，木村貞治
岩井明彦

Effects of the restriction of thoracic cage movement on normal healthy subjects

Purpose :

Post-operative patients have limited thoracic cage movement due to pain. The purpose of this study was to investigate the effects of limited thoracic cage movement on normal subjects.

Methods :

Six normal subjects were studied. The age of the subjects was from 40-58 years old. We made a corset for each subject, to restrict thoracic cage movement. The corset was made up of plates. When warm (60°C) the plates were very soft and flexible, when cold, inflexible. We measured subjects vital capacity (VC) with a spirometer. And we measured oxygen uptake ($\dot{V}O_2$) and ventilation ($\dot{V}E$) using gas exchange analysis (K2, KOSMED). We compared their values with and without the corset.

Results :

There were significant difference in VC and the percentage of VC (%VC) between men with the corset and without the corset. The VC was 20% greater for men without the corset as compared to men with the corset. Respiratory frequency (Rf) and $\dot{V}E$ were increased in men without the corset, but there were no statistically significant differences with and without the corset ($P<0.05$).

Conclusion :

The results indicated that men with the corset had higher energy requirements for respiration than men without the corset.

信州大学医療技術短期大学部理学療法学科：YAMAMOTO Chitose, FUJIWARA Takayuki, OHIRA Masayoshi, KIMURA Teiji, IWAI Akihiko, Dept. of Physical Therapy, School of Allied Medical Sciences, Shinshu Univ.

Key Words:
restriction of thoracic cage movement（胸郭運動の抑制），Tidal Volume（1回換気量），Oxygen Uptake（酸素摂取量）

はじめに

われわれは食道癌の開胸開腹の手術を行う際，術後肺合併症をできるだけ予防するために，術前術後の肺理学療法に関わっている．

食道癌の術後は1）手術による侵襲が大きく，2）肋骨切除や肺実質の障害，疼痛により換気が障害される，3）換気の低下による喀痰の貯溜，4）大量の輸血，5）頸部吻合部の安静により離床が遅れるなどから，術後肺合併症を起こしやすいといわれている[1]．

術後早期の理学療法では無気肺や肺炎などの肺合併症を防ぎ，正常な肺の機能を維持するために，気道内の清浄，肺胞内の換気の維持・改善のため，深呼吸，体位ドレナージや咳嗽誘発，呼吸訓練が行われている．

しかし，疼痛などにより胸郭の運動制限が深呼吸を妨げている[1,2]といわれているが，その具体的な機序については明確にされていない．そこで健常人において胸郭の運動制限を行った状態での呼吸運動について観察し，われわれが，術前術後に指導している呼吸法，呼吸介助が疼痛による胸郭の運動制限下でも，換気の改善に役立っているのか，さらに，胸郭運動制限下での呼吸がどの程度患者の負担になっているかを調べる前段階として，健常人を用いて胸郭運動抑制による安静呼吸の変化について検討を行った．

対象

対象は健常男性6名であり，年齢は41～58歳で平均年齢46.3歳であった．被験者は体幹，胸郭に運動制限の問題等はなかった．被験者は1名を除いて喫煙歴があった．被験者の特徴は表1に示した．

方法

1．胸郭の運動抑制

被験者は立位にて安静呼吸時の吸気，呼気の胸郭の周径を測定した．この安静呼吸が妨げられない周径で，それ以上胸郭が拡がらないようにコルセットを各被験者ごとに作成した．コルセットの材質は低温熱可塑性の素材（ブレース・フォーム，Pacific Supply）を使

表1　対　象

	年齢（歳）	身長（cm）	体重（kg）	喫煙歴
1. M. O	42	169	67	10本/日・20年
2. H. M	58	164	60	8本/日・30年
3. T. Y	41	160	63	20本/日・17年
4. T. F	48	166	63	25本/日・25年
5. M. H	47	168	72	20本/日・24年
6. S. T	42	174	69	0本/日
平　均	46.3±6.4	166.8±4.8	65.7±4.5	

用した．コルセットの長さは腋窩より約30 cmで，胸郭下部を十分覆い，腹式呼吸も一部制限されている．仰臥位での深呼吸が制限されるように仰臥位にて安静時吸気位の周径で固めた．胸部前面を3ヵ所ベルクロで止め，着脱できるようにした（図1）．

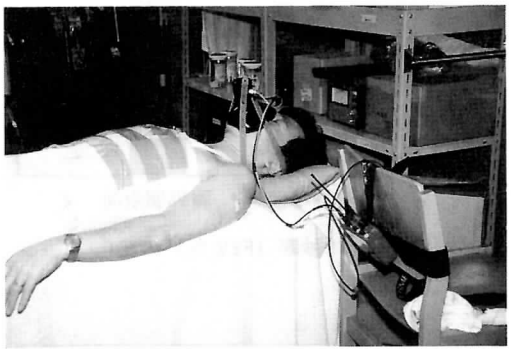


図1　実験風景

2．肺機能検査

立位にて肺機能測定装置（microspiro HI-298，チェスト）にて肺機能検査（肺活量，努力性呼出曲線）を実施し，コルセットの有無で比較した．肺活量は最大呼出に引続き，最大吸気を行わせ，再び最大呼出を行わせた．努力性呼出曲線は最大吸気位からできるだけ速やかに一気に呼出して得られた曲線である．それぞれ2回実施し，高い値を示した方を代表値とした．

3．安静時の酸素摂取量

被験者は仰臥位にてテレメトリー式呼吸代謝計測装置（K 2，コスメド）を装着して，コルセットの有無で，安静呼吸時の呼吸回数（Rf），分時換気量（$\dot{V}E$），酸素摂取量（$\dot{V}O_2$）それぞれ測定した．

4．データの処理

得られた結果から，1回換気量（$\dot{V}E/Rf$），酸素当量（$\dot{V}E/\dot{V}O_2$）を算出し，コルセットの有無で比較した．Wilcoxonの符号付順位和検定を用いて統計処理を行った．

結果

1．胸郭の拡張差

安静呼吸時の胸郭周径は腋窩部で最大吸気時の平均95.1±3.9%，剣状突起部で平均96.2±3.3%季肋部で平均96.9±3.0%であった．

2．肺機能検査の結果

コルセットによる胸郭の運動制限の有無で肺活量（VC），%肺活量（%VC），1秒量（FEV_1），1秒率（FEV_1%），最大呼気流量（maximal expiratory flow，$\dot{V}max$），$\dot{V}_{50}$，$\dot{V}_{25}$を比較した．肺活量は安静呼吸時3973±759 ml，胸郭制限時3132±403 mlで2群間に有意差が認められた（$P<0.05$）（図2）．また，%VCも同様に安静呼吸時105.7±15.6%，胸郭制限時83.5±8.32%で有意差が認められた（$P<0.05$）（図3）．FEV_1は安静呼吸時2851.7±553.6 ml，胸郭制限時2368.3±514.3 mlで有意差が認められた（$P<0.05$）（図4）．FEV_1%は安静呼吸時86.3±7.5%，胸郭制限時83.0±2.8%で2群

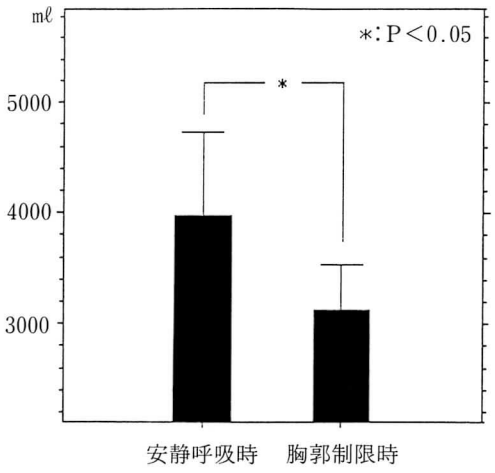


図2　肺活量（VC）の変化

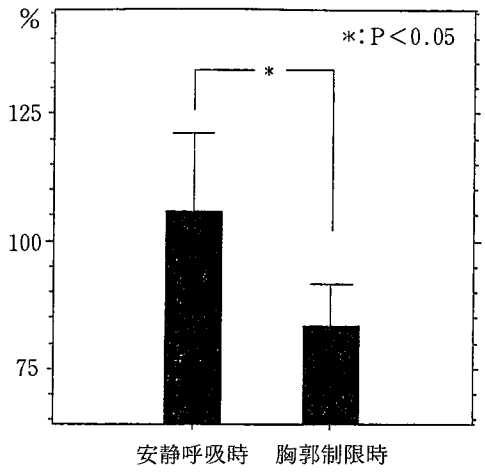


図3　%肺活量（%VC）の変化

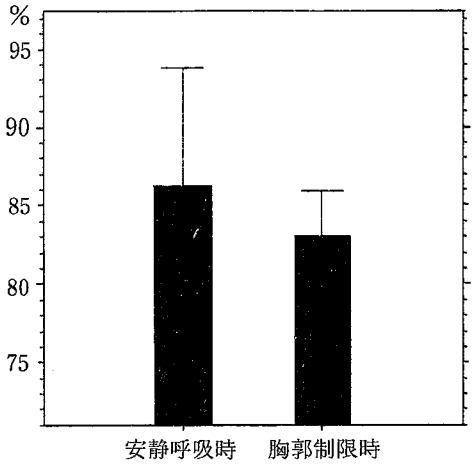


図5　1秒率（FEV_1%）の変化

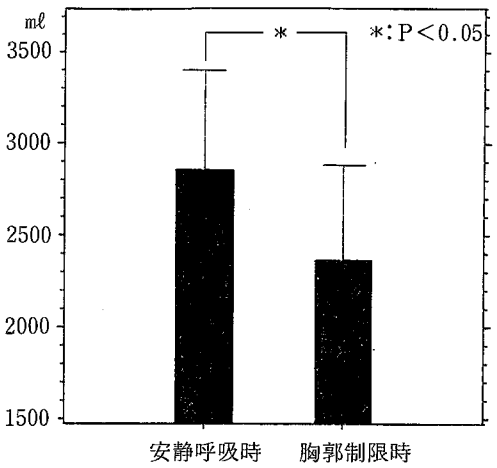


図4　1秒量（FEV_1）の変化

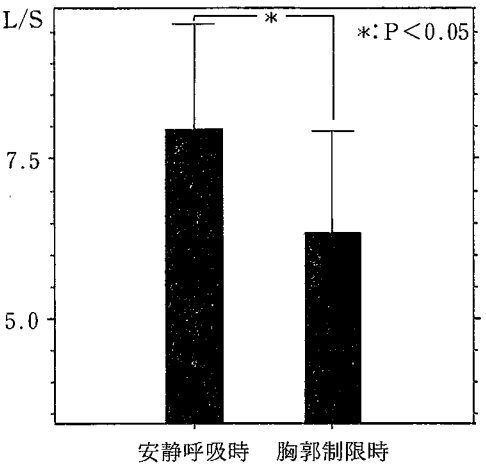


図6　最大呼気流量（$\dot{V}max$）の変化

間に有意差は認められなかった（図5）．$\dot{V}max$は安静呼吸時7.96±1.66 L/S，胸郭制限時6.34±1.59 L/Sで有意差が認められた（$P<0.05$）（図6）．$\dot{V}_{50}$は安静呼吸時3.78±1.76 L/S，胸郭制限時3.24±1.61 L/Sで2群間の有意差は認められなかった（図7）．$\dot{V}_{25}$は安静呼吸時1.54±0.62 L/S，胸郭制限時0.95±0.30で有意差が認められた（$P<0.05$）（図8）．

3．安静時呼吸でコルセット装着の有無による比較

分時換気量（$\dot{V}E$），呼吸回数（Rf），1回換気量（$\dot{V}E/Rf$），酸素摂取量（$\dot{V}O_2$），酸素当量（$\dot{V}E/\dot{V}O_2$）の各項目で比較した．結果は図9～12に示した．$\dot{V}E$，Rfは胸郭の制限により増加，$\dot{V}E/Rf$，$\dot{V}E/\dot{V}O_2$はほぼ等しい傾向が見られたが有意な差は認められなかった．また，酸素摂取量$\dot{V}O_2$に関しては胸郭の制限に

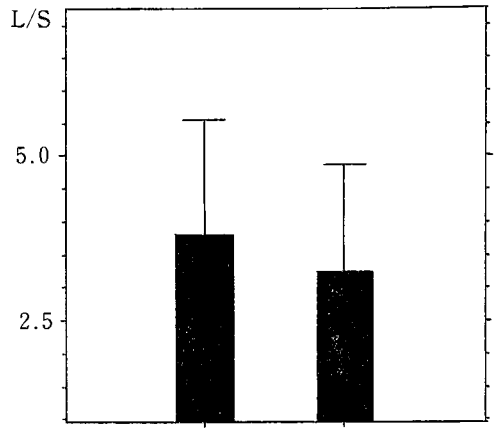


図7　$\dot{V}_{50}$の変化

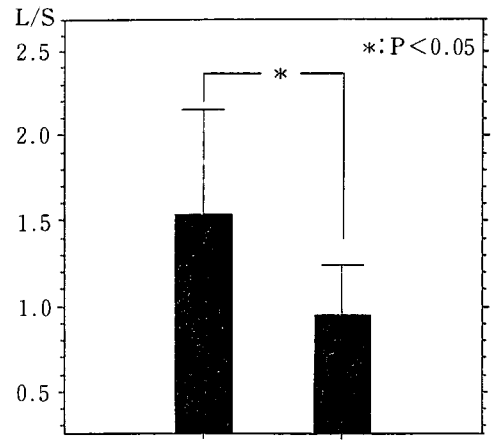


図8　$\dot{V}_{25}$の変化

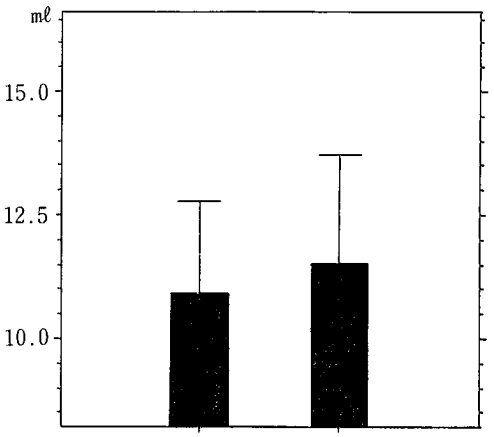


図9　分時換気量（$\dot{V}_E$）の変化

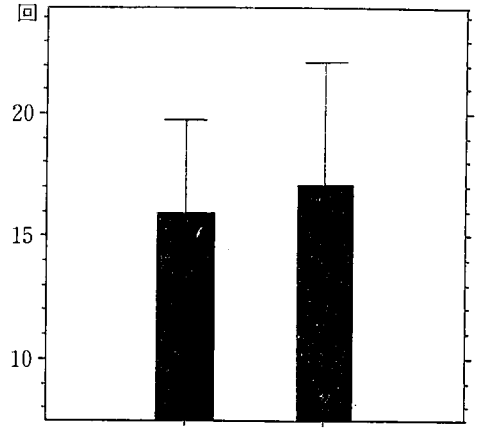


図10　呼吸回数（Rf）の変化

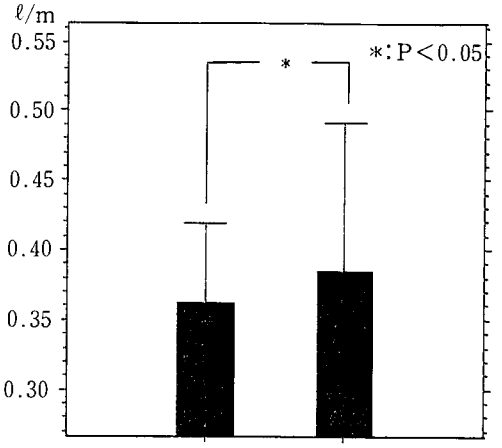


図11　酸素摂取量（$\dot{V}O_2$）の変化

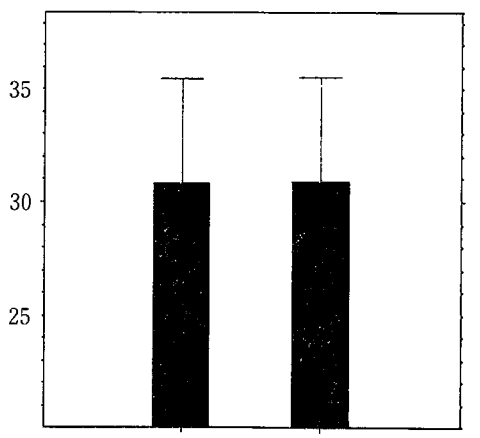


図12　酸素当量（$\dot{V}_E/\dot{V}O_2$）の変化

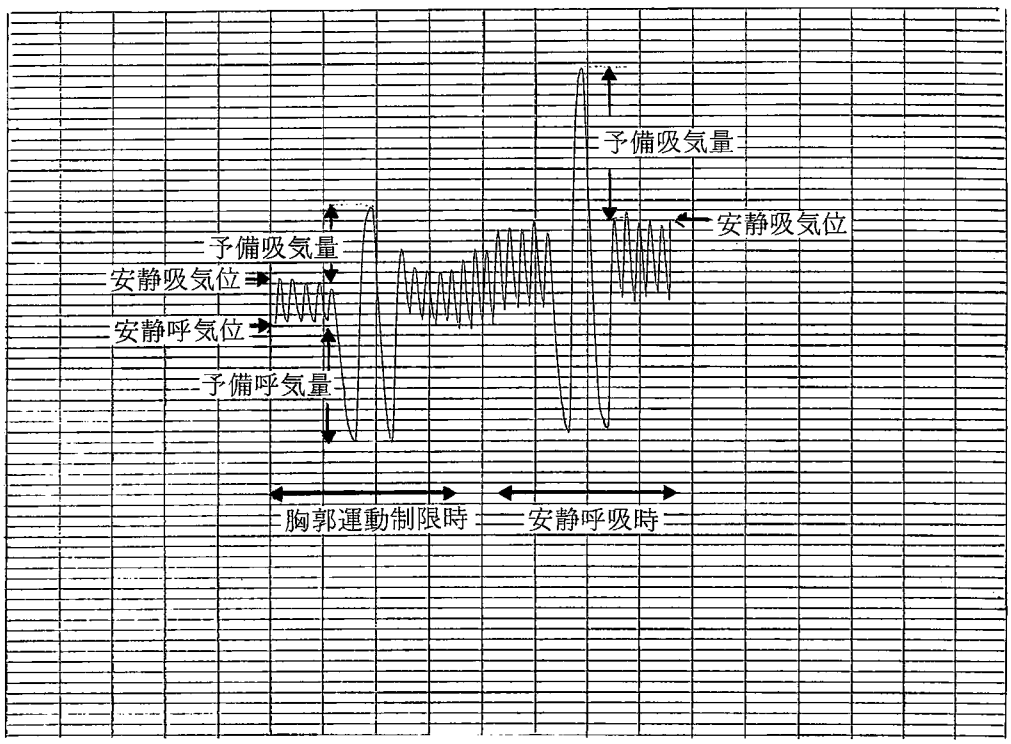


図13　肺気量分画

よって，有意に増加を認めた（$P<0.05$）．

考察

コルセットを用いた胸郭の運動制限下では肺活量は約80%に減少した．これは深呼吸時の胸郭の運動を制限するだけで約20%の肺活量が減ったことになる．楠ら[3]や奥川ら[4]によれば術後1日めには上腹部手術では努力性肺活量は術前の40～52%に減少すると報告しているが，術後の呼吸機能への影響は術後疼痛による胸郭の運動制限のみでなく，麻酔剤や筋弛緩剤による呼吸抑制や体内水分移動などいくつかの要因が考えられる[5]．Craigら[6]によれば，上腹部開腹術後はVCやFEV_1が術前値の約40%にまで減少するが，硬膜外モルフィン注入により鎮痛が得られると，VCやFEV_1は約70%にまで回復する，と報告している．これは疼痛以外に呼吸機能へ影響を与える要因が存在することを示している．

肺でのガス交換は胸腔内と大気の間に圧差をつくり，両者の間でガスの出し入れをすることで行われる[7]．胸腔内と大気の間の圧差をつくるものは胸郭を取り囲むもの，すなわち胸壁と横隔膜の動きである．コルセット装着により，胸腔内圧は上昇する．肺や胸郭の広がりやすさはコンプライアンスという単位で表す．コンプライアンスとは気道にある圧力をかけたときどれだけの空気が肺に入るかを表す単位（ml/cmH_2O）である．コンプライアンスが低く肺が広がりにくくなると，呼吸に要する仕事が多くなる[8]といわれている．コルセットにより，胸郭が広がりにくくなり，肺のコンプライアンスも低くなる．

今回，肺機能測定は立位で，安静時の酸素

摂取量の測定は仰臥位で測定を行った．姿勢の違いで生体に与える影響が最も大きいものは重力である．腹腔内臓器は周囲をやわらかい腹腔に囲まれており，体位により大きく位置をかえる．立位では腹腔内臓器が骨盤方向へ移動するのに対し，臥位では重力の影響が除外され横隔膜方向に移動する[8]．そのため，立位と比べ，臥位では肺活量が減少する．肺のコンプライアンスが低くなり，さらにコルセットによる胸郭の制限はコンプライアンスが低くなると考えられる．

図13は1被験者の肺気量分画を示している．コルセットを用いての胸郭の運動制限は，胸郭の制限により，安静吸気位が低下し，予備吸気量が減少していることが特徴的である．今回の結果では，酸素摂取量($\dot{V}O_2$)が胸郭の運動制限により，有意に増加していた．これは安静吸気位が低下し，横隔膜の仕事量が増加したこと，肺のコンプライアンスが低下して呼吸に要する仕事量が増えたことから，呼吸運動により消費される酸素が増加したためと考える．すなわち，胸郭の制限により，安静呼吸ではなく，呼吸運動は努力呼吸になったと考えられる．

胸郭の運動制限は努力性の呼吸へ移行させ，酸素摂取量を増加させている．術後は気道分泌物が停滞しやすく，深呼吸や有効な咳による痰の喀出が困難の状態である．この様な環境下では無気肺などの合併症を生じやすい．このような合併症に対してスーフル® インスピレックス® やトリフロー® を用いた術前からの呼吸訓練が効果を上げているという報告[4,9)~11)]は多い．これらは，吸気能力より，呼気筋の能力を高めるために実施されている．また，佐々木ら[12)]により，術前の呼吸訓練として，ストレッチ体操の指導を行うことにより，術後肺合併症が減少したと報告されている．これらの術前からの呼吸訓練は胸郭の運動制限下でも可能の呼吸運動であり，胸郭の運動制限を減少させる呼吸訓練である．

また，術後の肺理学療法が肺合併症の予防に効果をあげている報告[13~15)]も多い．この効果の一要因として，胸郭運動制限下で努力性の呼吸を行っている患者に対して，理学療法士による呼吸介助訓練が呼出を介助し，呼吸運動に要する酸素摂取量を減少させると考えられる．今後は理学療法士による呼吸介助訓練がどの程度，呼吸運動に要する酸素摂取量を減少させているかについて検討を行っていきたい．

まとめ

コルセットを用いて安静吸気位までの胸郭の運動制限を行った．その結果，肺活量や%肺活量は胸郭の運動制限により，有意に減少した．また，安静呼吸から努力性の呼吸に変化し，呼吸回数を増加させ，呼吸運動による酸素摂取量を増加させた．

文献

1）芹沢直文：硬膜外ブロックによる肺合併症の防止，呼と循，Vol. 34(8)，851-857，1986.
2）林　四郎，市川英幸：術後疼痛によるリスク，看護技術，Vol. 33，1505-1509，1989.
3）楠美智子，他：肺機能改善に対する訓練効果，三重県立看護短期大学紀要，Vol. 13，55-57，1992.
4）奥川直子，他：消化器手術患者の呼吸訓練にスーフルを使用して，月刊ナーシング Vol. 9 NO. 8，931-935，1989.
5）奥津芳人：手術と呼吸機能―その2，3の問題点―，呼と循，Vol. 32，31-39，1984.
6）Craig DB: Postoperative recovery of pulmonary function. Anest & Analg 60, 46-52, 1981.

7）渡辺敏：坐位と仰臥位の呼吸筋，呼と循，Vol. 33. 1079-1084，1985.
8）奥津芳人：呼吸管理に必要な体位の知識，臨床看護，Vol. 9，1008-1015，1983.
9）赤木栄子，他：呼吸器外科手術後の合併症予防における呼吸訓練の意義，看護技術 Vol. 39，1083-1087，1993.
10）東井倫子，他：術後肺合併症の予防に対する呼吸訓練（インスピレックス）の有用性，第22回日本看護学会　成人看護Ⅰ，177-180，1991.
11）黒田夕香，他：呼気訓練具としてのトリフローの効果判定，第24回日本看護学会成人看護Ⅰ，5-7，1993.
12）佐々木佐枝子，他：高齢者の術前呼吸訓練としてのストレッチ体操の試み，臨床麻酔，Vol. 17(12)，1671-1672，1993.
13）芳賀敏彦：理学療法，呼吸管理．チーム医療，東京．p 175，1984.
14）佐々木誠，他：肺外科術後患者における呼吸器合併症と呼吸理学療法の効果について，日本呼吸管理学会 Vol. 4 (1)，35，1994.
15）須釜　聡，他：開胸術後の乳児に対する呼吸理学療法の経験，金大医短紀要 Vol. 17，129-132，1993.

受付日：1995年10月12日
受理日：1995年11月21日