

〔原著〕

CABG 術後患者における呼吸筋伸展体操併用運動療法 プログラムの使用経験

—運動耐容能、換気機能および呼吸筋力に及ぼす影響—

會田 信子* 樋熊 夏子** 杉崎 香苗** 佐藤 智江** 高橋 静子**
成田 伊紀** 石田 哲治*** 諏訪さゆり* 木村 暢孝**** 寺町 優子*

EFFECT OF EXERCISE WITH RESPIRATORY MUSCLE STRETCH GYMNASTICS ON THE EXERCISE TOLERANCE, VENTILATION FUNCTION AND RESPIRATORY MUSCLE PRESSURE OF PATIENTS UNDERGOING CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING (CABG).

Nobuko AIDA* Natsuko HIGUMA** Kanae SUGISAKI** Chie SATO** Shizuko TAKAHASHI**
Iki NARITA** Tetsuji ISHIDA*** Sayuri SUWA* Hirotaka KIMURA**** Yuko TERAMACHI*

【目的】正中切開法による CABG 術後の呼吸筋萎縮や胸郭運動制限緩和を目的とした呼吸筋伸展体操 (RMSG) を併用した新しい術後運動療法プログラム (以下新 RH) を作成し、運動耐容能、換気機能および呼吸筋力に及ぼす影響について検討した。【方法】CABG を施行した患者を無作為に抽出し、術後新 RH を施行した R 群 4 例と従来の歩行のみの運動を施行した C 群 6 例にわけた。術前後にスパイロメトリー (%VC, %FEV_{1.0}) を測定し、退院前には 6 分間歩行試験 (6MWD)、ボーグスコア、最大吸気圧 (MIP) および乳頭部胸郭拡張差 (CHW) を測定し両群の比較を行った。【結果】両群とも、術後の %VC は術前よりも有意に低下していたが、退院前 6MWD では R 群が有意に高値を示した ($p < 0.05$)。また MIP と 6MWD 間で正の相関関係 ($r = 0.74, p < 0.05$) を、CHW と年齢間で負の相関関係 ($r = -0.75, p < 0.05$) を認めた。6MWD 後のボーグスコアおよび退院前 MIP、CHW では有意差はみられなかった。【結論】CABG 後の早期 RMSG は、術後の運動耐容能向上に影響を与え、新 RH の有用の可能性が示唆された。

キーワード：冠状動脈バイパス術、呼吸筋伸展体操、術後運動療法、運動耐容能

Abstract

【PURPOSE】An original exercise program with Respiratory Muscle Stretch Gymnastics (RMSG) after Coronary Artery Bypass Grafting (CABG) was developed in order to alleviate respiratory muscle and rib cage motion, and we examined whether this new exercise program would have an effect on exercise tolerance, ventilation function and respiratory muscle pressure.

【METHODS】Ten patients scheduled to be operated CABG were randomly assigned to one of two groups; four patients in new program group and six patients in control group (only walking exercise). We measured ventilation function (%VC, %FEV_{1.0}) before and after CABG, and 6MWD, Borg Score, Maximal Inspiratory Pressure (MIP) and difference between constriction and expansion of the chest wall (CHW) just before discharge.

【RESULTS】Though postoperative %VC in both groups significantly decreased compared with that of pre-operation, 6MWD was significantly higher among patients in new program group ($p < 0.05$). There was a positive correlation between MIP and 6MWD ($r = 0.74, p < 0.05$) and a negative correlation between CHW and age ($r = -0.75, p < 0.05$). No significant difference, however, was noted in Borg Score, MIP and CHW of these 2 groups.

【CONCLUSION】These findings suggested that RMSG after CABG affected improvement of exercise tolerance and this new exercise program was considered to be effective.

Key Words: Coronary Artery Bypass Grafting (CABG), Respiratory Muscle Stretch Gymnastics (RMSG), postoperative exercise therapy, exercise tolerance

* 東京女子医科大学看護学部 (Tokyo Women's Medical University, School of Nursing)
** 東京女子医科大学病院 看護部 (Tokyo Women's Medical University Hospital)
*** 東京女子医科大学第二病院・リハビリテーション部 (Tokyo Women's Medical University Daini Hospital)
**** 東京女子医科大学日本心臓血管研究所 循環器内科 (Tokyo Women's Medical University, The Heart Institute of Japan)

はじめに

虚血性心疾患の手術治療法のひとつである冠動脈バイパス術 (CABG: Coronary Artery Bypass Grafting) においては、近年の冠インターベンションの普及により、その適応症の重症化が進む一方で、体外循環を使わない低侵襲手術手技や心筋保護法、グラフト選択の向上によって入院期間が短期化する傾向にある。

我々は、正中切開法による CABG 後の運動耐容能を増し、早期リハビリテーションをより効果的に進めるために、呼吸筋伸展体操 (RMSG: Respiratory Muscle Stretch Gymnastics) を併用した術後運動療法プログラム (以下、新 RH) を作成した¹⁾。

そして CABG 実施後の対象者に対し、新 RH が運動耐容能、換気機能および呼吸筋力に及ぼす影響について検討した。

方法

1. 対象

対象は 1999 年 1 月より 1999 年 7 月までの期間に、東京女子医科大学日本心臓血圧研究所にて正中切開法による CABG を施行し調査協力の承諾が得られた男性患者 10 例である。対象者は無作為に新 RH を施行した調査群 4 例 (以下 R 群) と、従来の運動療法のみを行った対照群 6 例 (以下 C 群) の 2 群に分けた。

対象者の背景因子は Table 1 に示すように、術前の心機能、換気機能などにおいて有意差はなかったが、CABG を施行した冠動脈の枝数に関して R 群が有意に

多かった。なお術前より著明な呼吸機能低下や呼吸器疾患、運動機能が妨げられる整形外科的疾患、精神障害および高度貧血 (Hb9.0g/dl 以下) の既往や所見が認められる症例は除外した。また全例において、周術期の合併症の発現はなく、退院時血管造影でグラフトの開存が確認された。

2. RMSG を併用した運動療法プログラム (新 RH) について

RMSG は、呼吸筋の萎縮や胸郭の運動制限を最小限にし、呼吸筋群の協調的な収縮・弛緩を促すことによって、胸腹壁の協同運動を図り、換気原動力 (air pump action) としての呼吸筋本来の役割を高めることを目的としたものである。

従来の術後運動療法の内容は、①呼吸訓練 (腹式呼吸)、②呼吸筋訓練 (水吹き^{*1)}) と③歩行運動であったが、これらに④ RMSG を併用したものを新 RH とした。RMSG の内容¹⁾ はリラクゼーション、頸部の前屈・横屈、肩関節の回転、上腕挙上、上腕三頭筋のストレッチ、上半身の捻転運動の 6 項目で、個々の動作の後に呼吸相を取り入れ、全身の筋弛緩を図りながら行った。ICU から一般病棟への帰室後 (術後 2~3 日目) より、安静度の拡大に対応して実施内容を段階的に増し、退院時までの 23.5 ± 4.6 日間にわたり 1 日 3 回 (朝・昼・夕) を目安に行ってもらった。

*1 当院では、大塚生理食塩水[®]500ml のペットボトルとストローを使用して、くちすぼめ呼吸 (pursed lips breathing) の原理で呼吸筋訓練を行っている。方法は、食塩水を 300-400ml 程度にし、ボトルにストローをさして 10 秒 × 10 回を 1 セットとして術前より訓練を行っている。ただし 3 枝病変、左冠動脈主幹部障害、左室駆出率 30% 以下、大動脈弁閉鎖不全症 IV 度、肺高血圧例では、術前訓練はイメージ化のみとしている。

Table 1. Profile of Subjects of Control Group and New Exercise Program Group (Mean ± SD)

Group Subject	Age (Yrs)	Preoperative Data								CABG Operative Data		Postoperative Data	
		BMI ^{*1} (Kg/m ²)	Diagnostic Disease	CCS ^{*2}	Angiography	LVEF (%) ^{*3}	NVC ^{*4}	%FEV ₁ ^{*5}	Hb (g/dl)	Number of CABG	Arterial Conduits	LVEF (%)	Mean Hb (g/dl)
Control													
1	55	27.1	e-AP, OMI, HT, DM	II	3VD+LMT	52	110	78	11.9	3	LIMA, RIMA, GEA	51	9.6
2	59	24.9	u-AP, HT	I	2VD	40	91	77	12.4	2	LIMA, GEA	50	12.4
3	56	19.9	OMI	I	2VD	12	104	82	12.1	2	LIMA, GEA	15	11.1
4	57	24.1	OMI, e-AP	II	2VD	52	115	82	11.0	2	LIMA, RIMA	58	10.3
5	64	23.5	u-AP	I	3VD+LMT	58	113	68	14.2	3	LIMA, RIMA, RA	61	9.8
6	63	21.2	e-AP, OMI, HL	II	2VD	51	110	78	14.1	3	LIMA, RIMA, RA	54	11.0
Mean ± SD	59.0 ± 3.7	23.5 ± 2.6				43.8 ± 16.5	107.1 ± 8.9	77.5 ± 5.1	12.6 ± 1.3	2.5 ± 0.6		48.2 ± 16.8	10.7 ± 1.0
New Program													
1	61	24.2	OMI, SMI, Mr, HT, DM, HU	III	2VD+LMT	38	100	75	14.6	3	LIMA, RA	56	10.0
2	61	22.7	SMI	II	3VD	67	112	82	14.4	4	LIMA, GEA	58	12.0
3	63	29.2	e-AP, NIDDM	I	3VD	54	107	77	11.4	3	RIMA, GEA, SVG	59	11.4
4	58	27.1	AP	I	3VD	52	102	72	12.8	4	LIMA, RIMA, GEA	55	10.1
Mean ± SD	60.8 ± 2.1	25.8 ± 2.9				52.8 ± 11.9	105.3 ± 5.4	76.5 ± 4.3	13.3 ± 1.5	3.5 ± 0.6		57.0 ± 1.8	10.9 ± 1.0
Difference between 2 groups	NS ^{*9}	NS		NS	NS	NS	NS	NS	NS	P<0.05		NS	NS

*1 BMI=Body Mass Index, *2 CCS=Canadian Cardiovascular Society Classification, *3 LVEF=Left Ventricular Ejection Fraction, *4 NVC=Vital Capacity percent, *5 %FEV₁=Forced Expiratory Volume percent in 1.0 second, *6 e-AP (effort Angina Pectoris), OMI (Old Myocardial Infarction), HT (Hypertension), DM (Diabetes Mellitus), u-AP (unstable AP), HL (Hyperlipemia), SMI (Silent MI), Mr (Mitral regurgitation), HU (Hyperuricemia), NIDDM (Non Insulin Dependent DM), *7 3VD (three Vessel Disease: significant stenosis was defined as an area reduction ≥ 75%), LMT (Left Main Coronary Trunk Artery), *8 LIMA (Left Internal Mammary Artery), RIMA (Right Internal Mammary Artery), GEA (Gastroepiploic Artery), RA (Radial Artery), SVG (Saphenous Vein Graft), *9 NS=Not Significant.

3. 評価方法

運動耐容能、換気機能および呼吸筋力のパラメーターの測定項目として、①6分間歩行試験（6MWD：Six Minutes Distance Walk Test）、Borg Score（20段階）、2重積（PRP：Pressure Rate Product）、動脈酸素飽和度（SaO₂：Artery Oxygen Saturation）、心電図虚血所見、②パーセント肺活量（%VC：percent vital capacity）、1秒率（%FEV_{1.0}：percent forced expiratory volume in one second）、③最大吸気圧（MIP：Maximal Inspiratory Pressure）、④胸郭拡張差（CHW：difference between constriction and expansion of the chest wall）を用いた。

MIPは呼吸筋力計 Vitalopower KH-101（チェストエム・アイ社）を使用し、CHWは安静座位で、対象者の最大吸気と最大呼気の乳頭部胸郭拡張差をペーパーテープとメジャーを用いて測定した。また%VC、%FEV_{1.0}は術前と退院時に、それ以外は退院時のみで測定した。

4. 分析方法

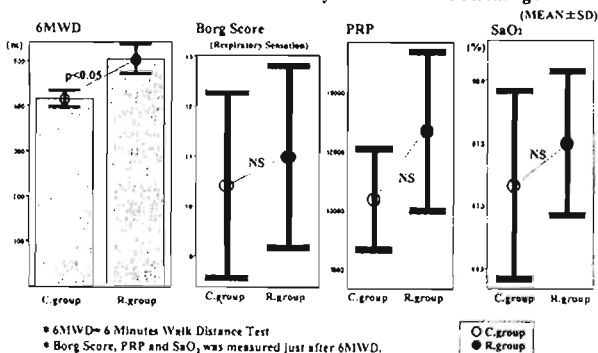
統計的手法は、手術前後の比較にpaired T-testを、両群の比較には、等分散性のためのLevene検定を実施した後にT-testを用いた。パラメーター間の関係を見るためにPearsonの相関係数を算出した。これらの分析は統計ソフトSPSSで行い、危険率5%を有意とした。

結果

1. 運動耐容能

退院時の6MWDでは、C群の417.5 ± 45.1mに比べR群は506.3 ± 63.2mで、有意な距離の延長が示された（p < 0.05）。Borg Scoreの呼吸感覚（Respiratory Sensation）、PRPおよびSaO₂では有意差はみられなかった。また全例とも、6MWD後の心電図では虚血所見は認められなかった（Figure 1）。

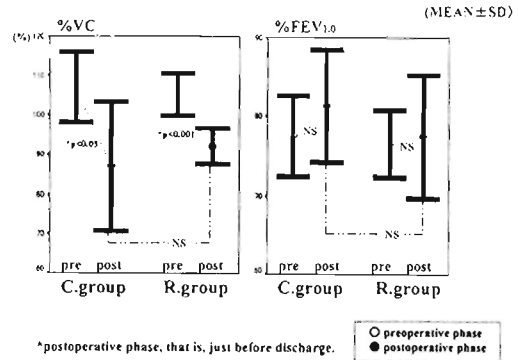
Figure 1. Changes in distance, Borg Score, PRP and SaO₂ caused by 6MWD before discharge



2. 肺換気機能

術前と術後の%VCの比較では、Figure 2に示すように、C群（術前107.1 ± 8.9, 術後87.0 ± 16.4, p < 0.05）、およびR群（術前105.3 ± 5.4, 術後92.3 ± 4.6, p < 0.001）のいずれにおいても有意な低下が認められたが、両群間で有意差はなかった。また%FEV_{1.0}の変化は有意ではなかった。

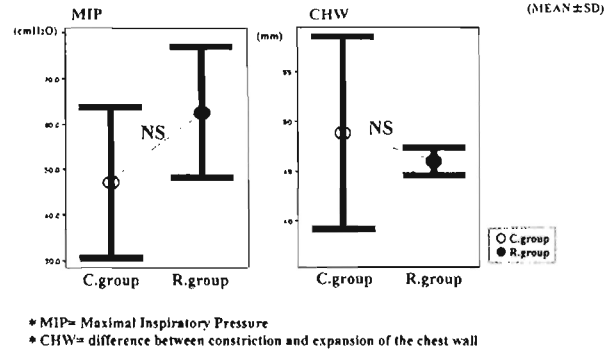
Figure 2. Changes of %VC and %FEV_{1.0} between preoperative and postoperative phase



3. 呼吸筋力および胸郭拡張差

退院時のMIPでは、C群は47.2 ± 16.6cmH₂O、R群は62.5 ± 14.3cmH₂Oであった。またCHWでは、C群が48.8 ± 9.7mm、R群が46.0 ± 1.4mmでいずれも有意差は認められなかった（Figure 3）。

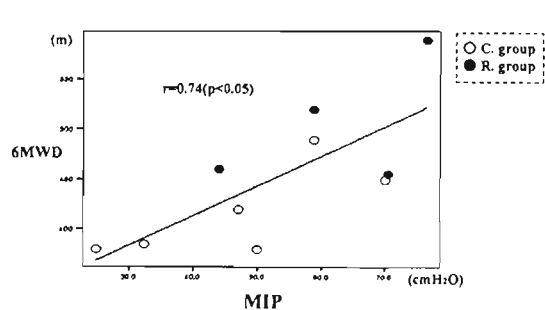
Figure 3. Changes of MIP and CHW by caused exercises in both groups before discharge



4. 6MWDとMIPの関係

Figure 4に示すように、6MWDとMIPで高い正の相関関係が認められた（r = 0.74, p < 0.05）。

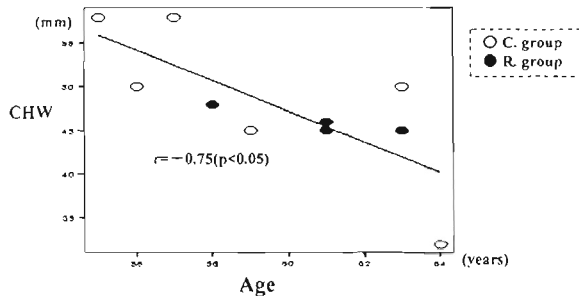
Figure 4. Correlation between the 6MWD and the MIP



5. CHW と年齢の関係

CHWは、Figure 5に示すように、加齢に伴って減少し、年齢との間で有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.75, p < 0.05$)。

Figure 5. Correlation between the CHW and the Age



考 察

1. RMSGが運動耐容能に及ぼす影響

今回、新RHにRMSGを併用したが、それは、RMSGが術後の胸部呼吸筋の緊張や創部痛による不良姿勢を緩和し、換気量増大の不均衡性を軽減することで、呼吸感覚の閾値をさげ（呼吸困難感の軽減）、運動耐容能向上に間接的に影響を及ぼすのではないかと期待したからである。これはmotor command theoryに基づくもので、すなわち、運動による換気の増加、閉塞性・拘束性障害による呼吸筋疲労、呼吸筋の収縮力低下、胸郭変形などがあると、呼吸筋から換気量増大の不均衡性の情報が中枢に伝達され、呼吸中枢がmotor command（呼吸運動を行うための統御力）を増すことにより、呼吸困難感が発生するというものである²⁾。

COPD（慢性閉塞性肺疾患：Chronic Obstructive Pulmonary Disease）患者を対象として行われた調査では、RMSGによって呼吸困難感が有意に改善する結果が報告されており³⁾⁴⁾、RMSGが吸気筋トレーニングとは異なる効果があること、そして呼吸困難感の軽減により患者のQOL向上に寄与することが示唆されている。

術後患者を対象とした本調査では、R群において6MWDの延長が認められ、RMSGを早期に併用することによって、運動耐容能が向上することが明らかになった。しかしながら、呼吸困難感の指標であるBorg Scoreでは有意な低下はみられず、COPD患者とは異なる様相を示した。

2. RMSGが肺の換気機能に及ぼす影響

%VCは、R群およびC群のいずれにおいても術後は有意な低下を示し、RMSGによる改善が認められなかった。これは、全例が内胸動脈を非胸腔切開下で剥離⁵⁾しており、手術侵襲の影響が多分にあると思われる。CABG後の換気機能、特に%VCと最大換気量（MVV）に関しては、その回復までにおよそ6ヶ月間を要することが報告されており⁶⁾⁷⁾、本対象者の術後平均在院日数（23.5 ± 4.6日）内では、その効果を評価することは期間的に困難であると判断した。

心臓手術後患者を対象とした呼吸体操の調査では、術後1ヶ月からの回復期呼吸体操が換気機能改善に好影響を与えることが深井ら⁸⁾によって報告されている。今後は、術後早期から回復過程に即したRMSGの開発とその有効性についての検討が必要と考えられた。

3. RMSGが呼吸筋力に及ぼす影響および呼吸筋力と運動耐容能との関係

退院時MIPでは両群間に有意差はなかったが、6MWDとMIPに正の相関関係がみられ、MIPが高い対象者ほど6MWDが高い結果を得たが、それがRMSGの効果によるものなのか否かは明確ではない。

COPD患者を対象とした先行調査では、吸気筋力改善による運動能力向上について報告されている^{9)~12)}。また健常者を対象としたSuzukiらは、呼吸筋トレーニングは呼吸筋力を高めるとともに運動中の呼吸感覚を軽減し¹³⁾、吸気筋トレーニングは横隔膜強度を増強させるが、運動中の呼吸感覚には影響しない¹⁴⁾ことを確認し、呼吸筋力増強が運動耐容能向上に間接的に影響を及ぼすことを示唆している。

一般的に呼吸筋を増強する方法としては、過換気法や吸気抵抗負荷法による呼吸筋トレーニング（呼吸筋・吸気筋訓練）が行われる。前述した調査全てに関しても、呼吸筋トレーニングの効果として報告されており、本調査が併用したRMSGが呼吸筋力を増強させるか否かについての調査は非常に少ない。

RMSGが呼吸筋力に及ぼす影響について、中澤ら¹⁵⁾は、肺気腫患者におけるストレッチ体操と上肢運動は、10MWDと呼吸筋耐久力を有意に増加させたとしているが、宮川ら⁴⁾は、RMSGのみでは吸気筋力の向上は認められず、吸気筋トレーニングによって強化されたと報告しており、RMSGと呼吸筋力の関係について今後の検証が必要である。さらに、肺の実質破壊や気道壁病変による慢性気道閉塞を特徴とするCOPD患者への影響と、手術の機械的侵襲を受けた患者への影響との相違については、明らかにされていない。

本調査において、RMSGがMIPを向上させ、6MWDを高めるか否かを明らかにするためには、術前のMIPを測定すること、および経日的な変化を観察し比較をする必要があった。しかし今回は術後の測定のみにとどまった。それは、呼吸筋力測定が胸腔内圧の大きな変動を伴うため、重症3枝病変や左冠動脈主幹部に病変を有する患者、また β -ブロッカーを中止していることの多い術前患者の発作を誘発したり血圧の急激な上昇をまねく危険性があること、口周囲から空気がリークしないように正確に測定するためには、少なくとも3回以上の測定が必要となるため、術前患者にとっては相当の負荷がかかると考えられたためである。

呼吸筋を評価する方法としては、呼吸筋の収縮力を測定する方法と、筋収縮の結果である呼吸運動を検査する方法があり¹⁶⁾、本調査では、前者の方法でMIPを測定した。後者の測定方法は、患者への侵襲は少ないが電磁呼吸計やKonno-Mead diagramという特殊な器具を必要とするため断念せざるを得なかった。そこでそれに変わる測定方法として乳頭部のCHWを選択した。

CHWは、加齢に伴う肺換気量や肺弾性、胸壁コンプライアンス低下を反映する胸郭可動性の老化指標として嶋田ら¹⁷⁾により検討されたもので、若年者と比較して老年者ではCHWの減少が著しいことが確認されている。また田平らは、COPD患者におけるCHWと肺機能、呼吸感覚との関係を調査し、第10肋骨部CHW（横隔膜機能と関連が強い）と肺活量との相関関係、および呼吸感覚との負の相関関係を明らかにした¹⁸⁾。さらに胸郭可動域指標としてのCHWを用いた肺機能予測式においても、CHWの実用性を示唆している¹⁹⁾。

今回、本研究で測定した部位は、手術侵襲が最も強いと思われる胸郭中部の乳頭部であるが、いずれにしてもR群およびC群間での有意差は認められなかった。またCHWと年齢との負の相関関係が認められたように、加齢によりCHWは低下するので、高齢患者に適した運動療法のあり方を検討し推進する必要がある。

結 論

CABG後の早期RMSGは、術後の運動耐容能向上に影響を与え、新RHは有用である可能性が示唆された。

今後の課題

今回は、RMSGの肺換気機能と呼吸筋力への影響は検

証することができなかった。今後は、対象者数を増し評価時期を含め、安全性・簡便性・再現性の高い測定方法を検討し、RMSGの有効性をより明らかにする必要がある。

本研究は、平成11年度木村看護教育振興財団、及び平成11年度文部省科学研究費（奨励研究A、課題番号80291863）の助成を受けて実施した。

引用文献

- 1) 會田信子、佐藤智江、樋熊夏子他：胸部のストレッチ体操を取り入れたCABG後の運動療法プログラムの作成と評価方法の検討、東京女子医科大学看護学部紀要、1、19-27、1998.
- 2) Gandevia, S.C.: The effect of respiratory muscle fatigue on respiratory sensations, *Clinical Science*, 60, 463-466, 1981.
- 3) Yamada M., Shibuya M., Kanamaru A. et al.: Benefits of Respiratory Muscle Stretch Gymnastics in Chronic Respiratory Disease, *Showa University Journal of Medical Science*, 8 (1), 63-71, 1996.
- 4) 宮川哲夫、小林秀子、国分三男：COPD患者における呼吸筋ストレッチ体操と吸息筋トレーニングの効果比較、*日本呼吸管理学会誌*、7 (1)、40、1997.
- 5) 富田伸司、坂田隆造、梅林雄他：冠血行再建術後の呼吸機能の検討—開胸操作に関連して—、*胸部外科*、47 (7)、528-532、1994.
- 6) 仲田郁子、大村延博、小林欣夫他：心臓リハビリテーションとQuality of Life (QOL)：運動療法によるQOLスコアの推移の検討—、*診療と新薬*、29 (3)、655-659、1992.
- 7) 斎藤宗靖、神原啓文：心臓病の運動療法、147-150、1994.
- 8) 深井和良、山田純生、田辺一彦他：心臓手術後患者の回復期運動療法における呼吸訓練の効果について、*日本心臓リハビリテーション学会誌*、3 (1)、86-90、1998.
- 9) Larson J.L., Kim M.J., Sharp J.T., et al.: Inspiratory muscle training with a pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease, *American Review of Respiratory Disease*, 138, 689-696, 1988.

- 10) Dekhuijzen PNR, Folgering HTM, van Harwaarden CLA: Target-flow inspiratory muscle training during pulmonary rehabilitation in patients with COPD, Chest, 99, 128-133, 1991.
- 11) Kim M.J., Larson J.L., Covey M.K. et al., Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease, Nursing Research, 42 (6), 356-362, 1993.
- 12) Preusser B.A., Winningham H.L., Clanton T.L.: High- vs- low- intensity inspiratory muscle interral training in patients with COPD, Chest, 106 (1), 110-117, 1994.
- 13) Suzuki S., Sato M., Okubo T.: Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects, Thorax, 50, 366-370, 1995.
- 14) Suzuki S., Yoshiike Y., Suzuki M., et al.: Inspiratory Muscle Training and Respiratory Sensation During Treadmill Exercise, CHEST, 104 (1), 197-202, 1993.
- 15) 中澤弘企、小山昌三、安部幹雄他: 肺気腫患者の呼吸リハビリテーション前後における運動耐容能および呼吸筋力の変化、日本気管食道科学会報、48 (1)、195、1997.
- 16) 谷本普一編: 呼吸器疾患の運動療法と運動負荷テスト、158-159、克誠堂出版、1993.
- 17) 嶋田智明、武政誠一、篠原英記他: 加齢に伴う形態学的変化の考察—老化の指標と考えられる身体計測の検討、神戸大学医療技術短期大学部紀要、3、39-44、1987.
- 18) 田平一行、関川則子、神津玲他: 慢性呼吸不全患者における胸郭拡張差が肺機能および呼吸困難感に及ぼす影響、理学療法学、25 (6)、376-380、1998.
- 19) 田平一行、鋤崎利貴、山田奈美他: 中高年者における胸郭拡張差による肺機能予測式の検討、理学療法学(学会特別号)、21、144、1994.