

## Ⅱ型呼吸不全に対する呼吸理学療法

—横隔膜のトレーニングを試みた2例の検討—

神津 玲<sup>1</sup> 佐藤 豪<sup>1</sup> 北川 知佳<sup>1</sup>  
山本 真志<sup>2</sup> 寺園 敏昭<sup>3</sup> 千住 秀明<sup>4</sup>  
佐藤紀美子<sup>5</sup>

**要旨** 陳旧性肺結核を基礎疾患とするⅡ型呼吸不全2例の理学療法を経験した。両症例とも胸郭の拡張制限、および著明な横隔膜筋力の低下が認められ、重度の換気不全、労作時呼吸困難、ADL障害を呈していた。これに対し、横隔膜の10RMを負荷量の基準とし、腹部重錘負荷法による横隔膜筋力・耐久力トレーニングを中心とした理学療法を両症例に行った。その結果、横隔膜筋力、耐久力の増大を示唆する所見が得られ、さらに、呼吸困難の軽減、ADLの改善も認めるなど、良好な結果を得ることができた。

我々の理学療法プログラムは、Ⅱ型呼吸不全における換気障害、呼吸困難、ADL等の改善に有効であることが示唆された。

長大医短紀要4：121-128, 1990

**Key words** : Ⅱ型呼吸不全, 拘束性換気障害, 理学療法, 横隔膜10RM, 横隔膜トレーニング

### はじめに

Ⅱ型呼吸不全(肺胞低換気性呼吸不全)の病態は、高炭酸ガス血症を伴う低酸素血症であり、その原因としては胸郭の拡張制限、呼吸筋不全などの拘束性換気障害による肺胞低換気が考えられている<sup>1)</sup>。臨床症状としては、換気不全(ポンプ不全)に起因する労作時の息切れ、頭重感、睡眠時呼吸障害などがあり、ADLに及ぼす影響は重大で、患者の生活活

動範囲を多大に制限している。これらの病態を改善するための理学療法は、拘束性換気障害に直接アプローチしていくことが中心になると考えられるが、その方法については、未だ確立されてはいない。

今回、陳旧性肺結核を基礎疾患とするⅡ型呼吸不全における重度の拘束性換気障害に対し、横隔膜の筋力・耐久力トレーニングを中心とした理学療法を試みて良好な結果が得られた2例を経験したので報告する。

1 保養会田上病院理学療法科 2 保養会田上病院内科 3 長崎大学熱帯医学研究所内科  
4 長崎大学医療技術短期大学部理学療法学科 5 稲仁会三原台病院理学診療科

症 例

症例 1 : 65歳, 女性

診 断 : 陳旧性肺結核・右横隔神経麻痺による慢性呼吸不全 (II型)・肺性心, 大動脈弁閉鎖不全症

主 訴 : 労作時呼吸困難, 早朝時の頭痛

既往歴 : 29歳時, 肺結核にて化学療法と気腹術, 気胸術および右横隔神経切断術を受けた。

家族歴 : 結核性関節炎 (兄)

現病歴 : 昭和54年 (54歳) 頃より階段歩行にて息切れが出現した。その後呼吸困難は徐々に増強し, 昭和62年より夜間呼吸困難, 動悸を自覚するようになった。平成元年3月下旬, 上気道炎の罹患を機に呼吸器症状が悪化, 同年4月20日, 呼吸不全が増悪し, CO<sub>2</sub>ナルコーシスを疑われ, 某病院内科入院となった。入院後, 気管切開, ベンチレーターによる呼吸管理を行った結果, 呼吸状態が安定したため, 平成2年1月10日, 呼吸リハビリテーションを目的に当院転院となり, 同年1月23日より理学療法を開始した。

理学療法評価

呼吸困難 : Hugh-Jones の息切れ分類 (以下H-Jと略) IV度で連続歩行, 階段昇段, 入浴動作等で呼吸困難を訴えていた。

理学的所見 : 身長156.5cm, 体重42.5kg, 栄養状態普通。呼吸数16回/分・整, 浅呼吸で優位呼吸パターンは, 上部胸式・腹式の混合性パターン。吸気または呼気の延長は認めなかった。斜角筋, 胸鎖乳突筋の収縮を吸気開始から吸気相全般に渡って認め, 胸・腹部の呼吸運動は, 上肺野で左側, 下肺野では両側とも減少していた。横隔膜の動きは右側で触知されなかった。徒手による胸郭圧迫に対する柔軟性は全体的に低下していた。聴診上, 全肺野に呼吸音の減弱を認め, 左下肺野で捻髪音を聴取した。打診上では右胸部は濁音を呈していた。チアノーゼ, バチ状指, 胸郭変

形は認めなかった。

検査所見 (表1 a, b) : 検査成績から著明な拘束性換気障害, 横隔膜筋力の低下による肺胞低換気と運動制限, ADL障害が示され, 重度換気不全の存在が示唆された。

胸部X線所見 : 右横隔膜の挙上および左肺野に陳旧性肺結核の癒痕と石灰化を伴った胸膜肥厚を認める (図1 a)。

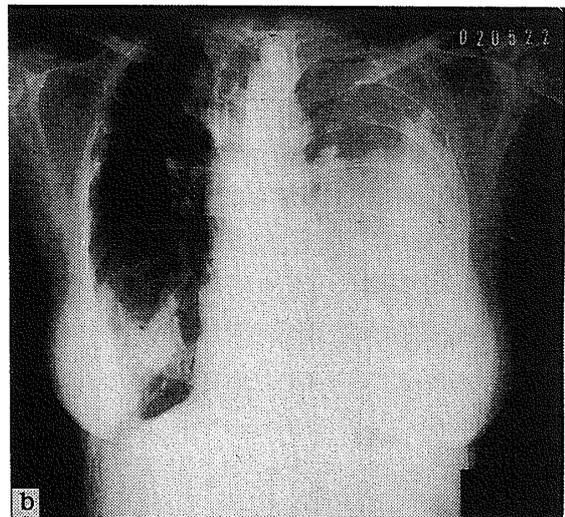
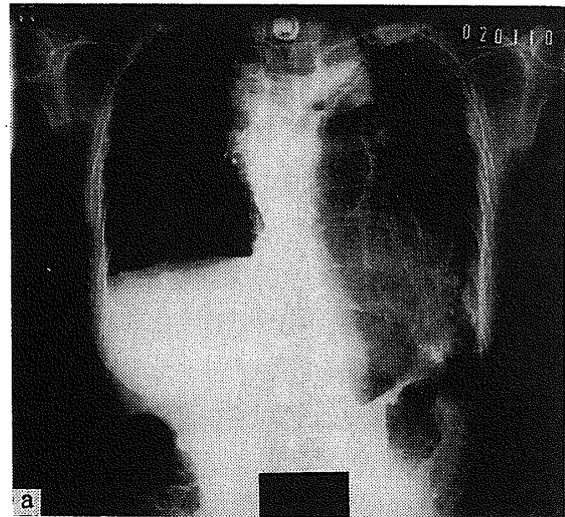


図1 胸部X線写真 (入院時)

a : 症例 1, b : 症例 2

症例 2 : 49歳, 女性

診 断 : 陳旧性肺結核による慢性呼吸不全 (II型), 三尖弁閉鎖不全症

主訴：労作時呼吸困難，早朝時の頭痛  
既往歴：11歳時，肺結核のもとに気胸術を受けた。

家族歴：肝細胞癌（父親，兄）

現病歴：昭和47年（31歳時），肺炎に罹患し，抗生剤で軽快した後は呼吸困難の自覚はないものの，肩呼吸を家族より指摘されていた。平成元年10月，海外旅行から帰国後，H-JIV度となりチアノーゼ，呼吸困難が出現した。在宅酸素療法を実施するも，呼吸困難著明となり平成2年1月16日，某病院内科に紹介入院となった。気管切開，ベンチレーターにて呼吸管理を行った結果，呼吸状態が落ち着き，同年5月21日，呼吸リハビリテーションを目的に当院転院となり，翌日より理学療法を開始した。

#### 理学療法評価

呼吸困難：H-JはIV～V度で身の回り動作，連続歩行等で呼吸困難を訴えていた。

理学的所見：身長155.5cm，体重50.0kg，栄養状態良好。呼吸数20回/分・整，浅呼吸で優位呼吸パターンは腹式呼吸。吸気または呼気の延長は認めなかった。斜角筋の収縮を吸気開始から吸気相全般に渡って認め，胸・腹部の呼吸運動は，上肺野で左側，下肺野では両側とも減少していた。横隔膜の動きは触知可能であったが，可動範囲は少なかった。徒手による胸郭圧迫に対する柔軟性は全体的に低下していた。聴診上，全肺野に呼吸音の減弱を認め，打診上では左胸部は濁音を呈していた。チアノーゼ，バチ状指，胸郭変形は認めなかった。

検査所見（表1 a, b）：検査成績から，症例1とはほぼ同様の病態や臨床像が示された。

胸部X線所見：両肺野に多数の石灰化を認め，左肺野は器質化し，スリガラス状となっている（図1 b）。

表1 a 検査所見（一般的検査）

	症例 1	症例 2
ROM		
胸郭拡張差		
腋窩部	2.5cm	1.5cm
剣状突起部	2.0cm	2.0cm
第10肋骨部	2.0cm	2.0cm
四肢・体幹筋力		
上・下肢	4 level	4 level
腹筋群	3 level	3 level
横隔膜筋力		
腹部隆起力	1.5kg	2.0kg
肺機能検査		
VC	0.72 L	0.66 L
%VC	32.1%	25.3%
FEV <sub>1.0</sub>	0.51 L	0.55 L
FEV <sub>1.0</sub> %	100%	83.3%
MVV	15.8 L/min	17.5 L/min
%MVV	29.2%	24.7%
動脈血液ガス所見		
pH	7.361	7.386
PaCO <sub>2</sub>	66.3 torr	58.4 torr
PaO <sub>2</sub>	40.9 torr	42.7 torr

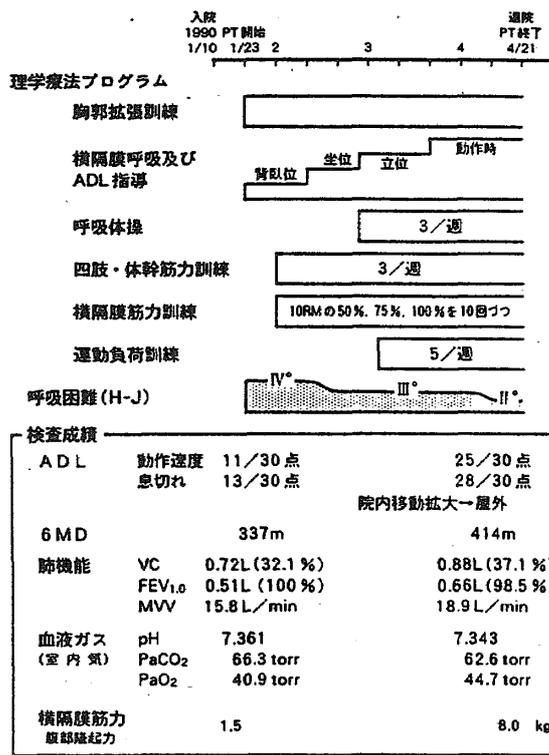
表1 b 検査所見（運動耐容能，ADL検査）

	症例 1	症例 2
運動耐容能		
6分間歩行距離	337m	50m
△SaO <sub>2</sub>	-11%	-18%
連続階段昇段数	65段	-
運動負荷試験		
自転車エルゴメーターによる多段階負荷試験		
運動持続時間	7分30秒	6分5秒
最大負荷量	30 W	20 W
△SaO <sub>2</sub>	-15%	-9%
ADL検査		
大阪市大ADLスコア		
動作速度	11/30点	9/30点
息切れ	13/30点	5/30点

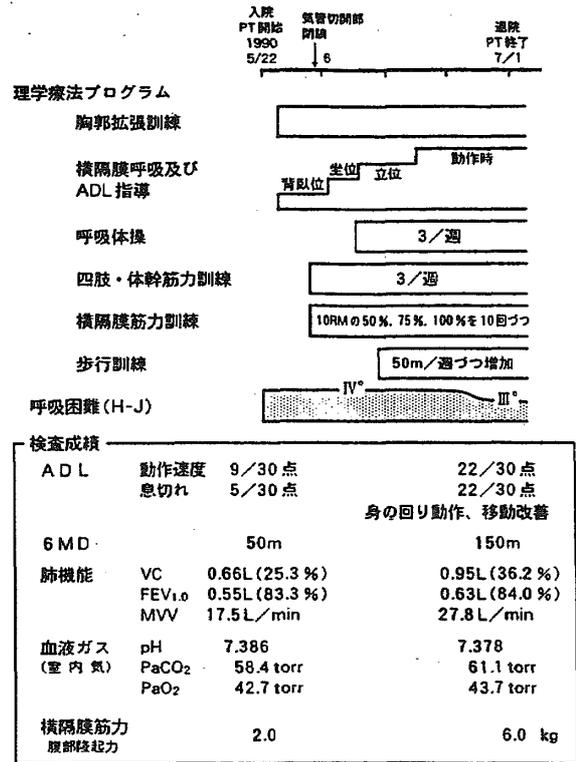
\* ADL；症例1は移動，入浴動作で0点。症例2は食事，排泄，整容，更衣動作以外は全て0点。

#### 理学療法プログラム

両症例とも，PaCO<sub>2</sub>が60 torr前後を示している重度のII型呼吸不全であり，理学療法上の問題点として，①換気運動制限（肺・胸郭系コンプライアンス低下），②四肢筋・腹筋群および横隔膜筋力の低下，③労作時の

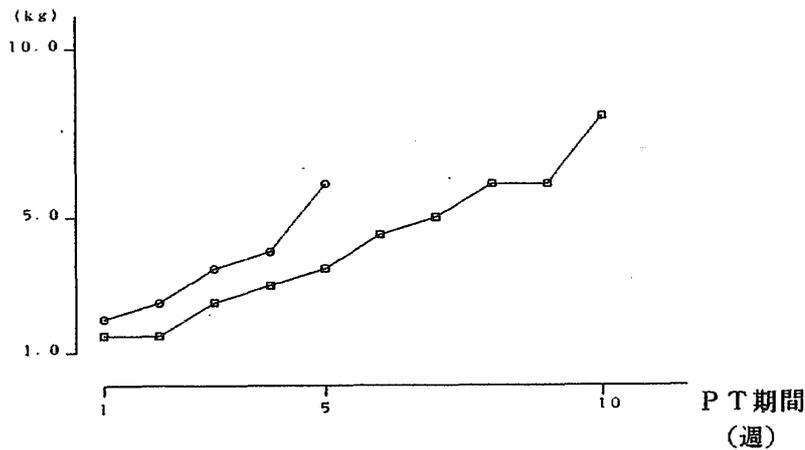


a 臨床経過 (症例1)



b 臨床経過 (症例2)

横隔膜筋力 (10RM)



c 横隔膜筋力 (10RM) の推移

□: 症例1 ○: 症例2

図2 臨床経過

a: 症例1, b: 症例2, c: 横隔膜筋力 (10RM) の推移

息切れ, ④運動耐容能の低下, ⑤移動を中心としたADL制限が両症例に共通して示され

た. 換気不全は, 胸郭の拡張制限, 横隔膜をはじめとする呼吸筋力の低下が主要因であり,

これが呼吸困難の増強や頭痛を引き起こし、運動耐容能およびADLの制限を導いているものと考えられた。

ADL制限を改善させる目的で換気不全に対し、一般的な呼吸理学療法に加え、特に腹部重錘負荷法<sup>2)</sup>による呼吸筋(横隔膜)トレーニングを試みた。

方法：腹部重錘負荷法は、横隔膜呼吸時の腹部の持ち上がる力、即ち腹部隆起力(横隔膜筋力)に対し、抵抗をかけることによって、横隔膜をトレーニングする方法である。

いわゆる四肢筋(骨格筋)のトレーニングについては、特異性・過負荷・持続性の3原則があるが、同じ横紋筋である横隔膜のトレーニングに関しても当然この原則が適用される。我々も、この3原則に従ったトレーニング法の計画と正確な負荷量の決定を行った。まず、負荷量については、膝立て背臥位で上腹部に砂のうを乗せて、横隔膜呼吸が完全に10回行い得る最大の重錘の重さを測定し、これを横隔膜の10RM<sup>3)</sup>(10回反復最大負荷; 10 repetition maximum)として負荷量の基準にした。

横隔膜のトレーニングは、背臥位での横隔膜呼吸を完全に習得した後、筋力と耐久力トレーニングに分けて実施した。筋力トレーニングは、DeLormeらの四肢筋トレーニング法<sup>3)</sup>に準じ、10RMの50%、75%、100%の負荷量の順に横隔膜呼吸を各10回、合計3セット30回行わせた。その際、疲労を考慮して、1セット終了毎に休息時間を入れた。耐久力トレーニングは10RMの30~40%の負荷量で、横隔膜呼吸を10~15分間行わせた。

なお、筋力、耐久力トレーニング実施中に横隔膜呼吸パターンの乱れが出現したり、腹部を十分に隆起できなくなった時は中止して休息をとらせた。

経過および結果：両症例の臨床経過を、それぞれ図2 aおよびbに示す。筋力、耐久力トレーニングとも1日2~3回、週6日の頻

度で症例1は11週間、症例2は5週間実施した。7~10日毎に10RMを測定し、負荷量を漸増させながら継続した結果、図2 a~cのごとく両症例とも改善が得られた。特に、横隔膜筋力として、最大吸気圧(最大吸気時の口腔内圧)と非常に高い相関が確認されている腹部隆起力<sup>4)</sup>、横隔膜耐久力として指標となる最大換気量<sup>5)</sup>(MVV)は増大し、運動耐容能の指標としての6分間歩行距離も延長した。これらの結果、労作時呼吸困難の軽減、頭痛の消失、および院内・外の移動範囲、ADL範囲の拡大が認められ、症例1は同年4月21日、症例2は同年7月1日、在宅酸素療法の実施のもとで自宅へ退院した。

## 考 察

慢性閉塞性肺疾患に対する理学療法の効果は、数多くの報告と共に体系化されつつある<sup>6)</sup>。しかし、陳旧性肺結核をはじめとする拘束性肺疾患、もしくはⅡ型呼吸不全に対する理学療法アプローチや、その効果に関する報告は少なく、それらは、胸・腹部外科の術後や脊髄損傷などの急性期の呼吸障害を主たる対象とし、陳旧性肺結核など慢性呼吸不全(Ⅱ型)に対しては、軽視されてきたよう見受けられる。しかし、陳旧性肺結核は、わが国における慢性呼吸不全の基礎疾患で最も多く、今後急速な高齢化とともにⅡ型呼吸不全が増加すると考えられ、理学療法の役割は増していくものと考えられる。

Ⅱ型呼吸不全において、理学療法が換気障害に直接的にアプローチし得ることは、主に胸郭の拡張制限および呼吸筋、特に横隔膜筋力の低下に対してであろうと考えられる。前者については、従来の胸郭拡張訓練や最近試みられている胸郭mobilizationなどの方法で対応可能であると考えられるが、後者については、横隔膜のトレーニングという比較的新しい概念の導入が必要である。

近年, Macklemら<sup>7)</sup>は, 呼吸器疾患における呼吸筋の役割に着目し, その運動学的特性, 換気力学的意義および筋疲労の問題を取りあげ, 呼吸筋の役割の重要性を指摘している。さらに, Rochester<sup>8)</sup>は呼吸不全の病態形成に呼吸筋疲労, または呼吸筋不全が深く関与していることを報告しており, 臨床における呼吸筋, 特に横隔膜を中心とする吸気筋の筋力, 耐久力トレーニングの重要性が強調されてきている。

一方, 一般的に高炭酸ガス血症の存在は, 横隔膜筋力の低下を示唆している<sup>9)</sup>ことが知られている。換言すれば, 横隔膜筋力の低下が, 換気不全の大きな要因であると言える。今回呈示した2例においても, 疾患そのものによる横隔膜筋力の低下に加えて, 本院転院前, ベンチレーターによる長期呼吸管理を受けたため, 横隔膜が廃用性萎縮をきたし, その筋力低下は著明であった。さらに症例1については, 右横隔神経麻痺の既往があったこととも相まって, 病態を一層複雑なものにしていた。これに関して Lisboaら<sup>10)</sup>は, 一側横隔神経麻痺15例について, 最大吸気圧および経横隔膜圧差による横隔膜筋力の測定を行っているが, そのうち肺結核後遺症などの肺疾患を伴った7例については, 特に横隔膜筋力が低下していたことを強く指摘している。このことから, 症例1において横隔膜の残存能力を高める必要性があると考えられた。

そこで本2例に対し, 横隔膜の筋力トレーニングを中心に理学療法を行った。

呼吸筋トレーニングは, Leith & Bradley<sup>5)</sup>が健常者を対象として, control studyを行い, その効果を報告して以来, 様々な方法が紹介されている<sup>11)</sup>。特に, 横隔膜など吸気筋の筋力増強に関しては一般的に, 口腔を閉鎖し, 最大吸気努力を3~5秒間保持する等尺性収縮が良いとされている<sup>11)</sup>。しかし, 本2例は, 横隔膜筋力の著しい低下と, 肺・胸郭系コンプライアンスの低下のため, 筋の等尺

性収縮を保持することは, 負担が大きすぎて逆効果になりうるものと予測された。また, ヒトの横隔膜のタイプ別筋線維構成ではタイプ1線維(持続的な筋収縮に強い)が約60%を占めていること<sup>12)</sup>, さらに, 呼吸不全が長期に及ぶとタイプ1線維の占める割合が増加してくること<sup>13)</sup>から, 本2例の横隔膜のトレーニングにおいてはタイプ1線維の筋力を増強する等張性収縮が適すると考えられた。

そこで, 横隔膜の10RMを利用した腹部重錘負荷法によって, 横隔膜の強化を試みた。その結果, 換気不全の改善を裏付ける変化が認められ, 本法の有効性が示唆された。今回, 我々が試みた10RMによる腹部重錘負荷法を行った報告は見られないが, 山口<sup>14)</sup>は, 呼吸器疾患患者10例に対して, 長期間に渡って腹部重錘負荷法による横隔膜のトレーニングを実施した結果, 最大吸気圧の改善, 筋力増強効果および息切れの改善を認めている。また, Merrick & Axen<sup>15)</sup>は健常者20例を対象に, 腹部重錘負荷法を行ない, 横隔膜筋力の増大は認めなかったものの, 耐久力の増大を示唆する所見を得ている。これらの報告は, 対象や方法について若干の違いはあるものの, 腹部重錘負荷法の有効性を支持するものとして重要である。

本法の利点については, 特別な機械・器具を必要としないで, 10RMさえ測定すれば簡単に実施できること, 等張性収縮であり患者に過度な負担を与えないなどモチベーションが得易いこと, 視覚的・触覚的なフィードバックを利用できることが考えられた。10RMを利用することの意義については, より定量的に負荷量を決定できること, 等尺性収縮による最大抵抗に, より近い抵抗を加えることにある。

我々は, 重度のII型呼吸不全患者に横隔膜のトレーニングを中心とした理学療法を行い, 前述の効果を得ることができた。しかし実際のところ, これらの効果は純粋に横隔膜のト

レーニングによるものと断定することは、今回の報告のみでは不可能であると思われる。我々は、呼吸不全のI型、II型を問わず、H-JIV~V度レベルの症例では換気障害、呼吸困難、ADL等の改善が困難であることを経験しており<sup>10)</sup>、従来の理学療法アプローチのみでは不十分と考えていた。しかし、今回呈示した2例は、このような理学療法によって良好な結果を示したため、その理学療法において試みた横隔膜トレーニングの効果は軽視できないと確信した。

### ま と め

陳旧性肺結核を基礎疾患とする重度のII型呼吸不全2例に対し、横隔膜のトレーニングを中心とした理学療法を試みて、良好な結果を得ることができた。その結果、我々の理学療法プログラムは、II型呼吸不全における換気障害、呼吸困難、ADL等の改善に有効であることが示唆された。

(本稿の要旨は、第2回長崎呼吸不全研究会において発表した。症例への熱心な看護をして下さった保善会田上病院四階病棟の看護婦の皆様に感謝すると共に、御指導、御校閲頂きました池田定倫教授に感謝します。)

### 文 献

1. 谷本普一：慢性呼吸不全. *Medicina* 1987 ; 24 : 574-575.
2. Adkins HV : Improvement of breathing ability in children with respiratory muscle paralysis. *Phys Ther* 1968 ; 48 : 577-581.
3. de Lateur BJ : Exercise for strength and endurance, in *Therapeutic Exercise*, 4th ed, by Basmajian JV, Williams & Wilkins, Baltimore, 1984, pp. 88-109.
4. 宮川哲夫, 溝呂木忠, 市川秀行, 小野晋 : 呼吸筋力の評価 ; 特に横隔膜筋力について. *理学療法* 1988 ; 5 : 148-156.
5. Leith DE, Bradley M : Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol* 1976 ; 41 : 508-516.
6. Petty TL : Pulmonary rehabilitation for COPD, in *Intensive and Rehabilitative Respiratory Care*, 3rd ed, by Petty TL, Lea & Febiger, Philadelphia, 1982, pp. 385-413.
7. Macklem PT, Roussos CS : Respiratory muscle fatigue : A cause of respiratory failure ? *Clin Sci Molec Med* 1977 ; 53 : 419-422.
8. Rochester DF : Respiratory disease : Attention turn to the air pump. *Am J Med* 1980 ; 68 : 803-805.
9. Rochester DF, Braun NMT : Determinants of maximal inspiratory pressure in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1985 ; 132 : 42-47.
10. Lisboa C, Paré PD, Pertuzé J, Contreras G, Moreno R, Guillemi S, Cruz E : Inspiratory muscle function in unilateral diaphragmatic paralysis. *Am Rev Respir Dis* 1986 ; 134 : 488-492.
11. 津島久孝 : 呼吸筋のトレーニング. *呼吸* 1988 ; 7 : 64-69.
12. Keens TG, Bryan AC, Levison H, Ianuzzo CD : Developmental pattern of muscle fiber types in human ventilatory muscles. *J Appl Physiol* 1978 ; 44 : 909-913.
13. 磯崎英治, 田邊等, 小田雅也, 小島進, 高木昭夫, 蝶名林直彦 : 呼吸不全状態におけるヒト横隔膜の形態学的変化. *呼吸* 1988 ; 7 : 1170-1177.
14. 山口美沙子 : 呼吸器疾患のリハビリテー

- ション. リハ医学 1988 ; 25 : 192-193.
15. Merrick J, Axen K : Inspiratory muscle function following abdominal weight exercises in healthy subjects. Phys Ther 1981 ; 61 : 651-656.
16. 山本真志, 寺園敏昭, 天野秀明, 土橋賢治, 佐藤豪, 神津玲, 北川知佳 : 慢性呼吸不全症における呼吸リハビリテーションの評価, 第25回日本胸部疾患学会九州地方会総会プログラム・講演抄録, 1990, pp. 173.
- (1990年12月28日受理)