

◎原 著◎

排痰能力を判別する cough peak flow の水準 —中高齢患者における検討—

山川梨絵¹⁾・横山仁志²⁾・渡邊陽介²⁾・横山有里¹⁾
武市尚也³⁾・石阪姿子²⁾・岡田一馬¹⁾・笹 益雄¹⁾

キーワード：cough peak flow, 排痰能力, 中高齢患者

要 旨

本研究は、咳嗽時の最大呼気流量 (cough peak flow：以下、CPF) と排痰能力の関係を明らかにし、排痰能力を判別するための CPF 水準を提示することを目的とした。対象は、中高齢の入院患者 646 名で、CPF 測定と同時期の排痰能力を調査した。排痰能力は自己排痰の可否、さらに自己排痰不可能例においては気管吸引の必要性の有無で分類した。自己排痰可能例、自己排痰不可能例のうち気管吸引不要例、必要例の順に、CPF は有意に低値を示し、排痰能力を良好に反映していた ($p < 0.05$)。自己排痰の可否、および気管吸引が必要となる CPF 水準は、順に 240L/min (感度 81%、特異度 95%)、100L/min (感度 77%、特異度 83%) であり、いずれも良好な判別精度を示していた。以上のことより、排痰能力を反映する明確な水準を含む CPF の理解は、排痰ケアの実践にあたり有益な情報源となるものと考えられた。

はじめに

随意的な咳嗽の強さは、気道クリアランスの成否や自己排痰の可否を規定する重要な要因である¹⁾。咳嗽力の低下によって、痰による気道閉塞、肺炎、無気肺、呼吸不全の急性増悪を起こすリスクが増加し、気管切開や人工呼吸器管理依存の可能性を高める^{2, 3)}。そのため、医療スタッフが咳嗽力を評価し、把握することの重要性は高い。しかし、実際の臨床現場では、外見上の咳嗽力の強さを経験的に判断していることが多く、客観性に欠けている点から有益な情報となりにくい。

近年、随意的な咳嗽力を反映する客観的な指標として、Bachら^{4, 5)}によって示された咳嗽時の最大呼気流量 (cough peak flow：以下、CPF) が汎用され始めている。しかし、排痰能力に関する臨床的意義をもつ CPF

の水準が示されているものの、CPF と排痰能力の関連性を直接的に、かつ厳密に検証したうえで提示されたものではない。また、それらの対象は若年から壮年期の神経筋疾患患者であるため、疾患群や年齢の違いから排痰に難渋する可能性の高い中高齢の入院患者にその CPF 水準をそのまま適応するには検討が必要である。

そこで本研究では、中高齢の入院患者を対象に CPF と排痰能力の関係を明らかにし、排痰能力を判別するための CPF の水準を提示することを目的に検討を行った。

I. 方 法

1. 対 象

聖マリアンナ医科大学病院、同横浜市西部病院、および川崎市立多摩病院にてリハビリテーション実施中の中高齢の入院患者 646 名 (男性 435 名、女性 211 名) である。対象の年齢、身長、体重 (平均値±標準偏差) は、 70.5 ± 11.1 歳、 159.4 ± 9.3 cm、 53.7 ± 12.8 kg であっ

¹⁾ 聖マリアンナ医科大学横浜市西部病院 リハビリテーション部

²⁾ 聖マリアンナ医科大学病院 リハビリテーション部

³⁾ 川崎市立多摩病院 リハビリテーション科

[受付日：2010年1月14日 採択日：2010年10月25日]

た。なお、リハビリテーション実施の主病名による疾患の内訳は、呼吸器疾患360名、循環器疾患120名、消化器・代謝疾患128名、運動器疾患20名、神経疾患18名であったが、疾患が重複する症例が多数認められた。

対象の選択基準は、周術期における呼吸リハビリテーションや排痰訓練を中心とした呼吸リハビリテーションの指示があり、排痰能力に関する評価が必要な症例とした。そのため、評価の必要性はリハビリテーション総合実施計画書の中で説明し、評価ならびに研究主旨の十分な理解と同意の得られた者のみを対象とした。なお、呼吸困難感や疼痛などの自覚症状のコントロールが不良なために十分な排痰努力が得られない患者、意識障害、認知症や精神症状によって指示動作に従えない患者は対象から除外した。また、著明に嚥下機能が低下した患者も咳嗽力と排痰能力の間に解離を認めると考えられたため、対象から外した。さらに、気管挿管や気管切開患者は、本研究のCPF測定が困難であるため除外した。

2. 調査・測定項目

これらの対象に対して、CPF測定を実施し、それと同時期の排痰能力について調査した。評価時期は、リハビリテーションの介入初日、または手術後や人工呼吸器管理中等の何らかの理由でベッド上生活の患者は、座位が可能となった時点とした。

1) CPF測定

本研究の測定器具には、フジ・レスピロニクス社製

アセスピークフローメータに呼気ガス分析用のフェイスマスクを接続したものを使用した(図1左)。測定体位は座位とし、座位の不安定な症例では、車椅子あるいは椅子座位とした。測定は、空気漏れのないよう測定器具を顔面にしっかりと密着させ、最大吸気位からの随意的な咳嗽を全力で行うよう、“できるだけ大きく息を吸い込んで、一番強い咳払いをしてください”と説明し、測定時には“大きく吸って”と声をかけ、咳嗽は自由なタイミングで行わせた(図1右)。そして、咳嗽後のピークフローメータの目盛りを読み取った。測定回数は3回とし、その最高値をCPFの値として採用した。測定の前には、測定方法のオリエンテーションとデモンストレーションを行い、2～3回練習を実施した。なお、咳嗽の方法が十分に理解できなかったもの、咳嗽直前の声門の閉鎖(エアースタッキング)が認められなかったものは不採用とした。

2) 排痰能力

排痰能力は、自己排痰の可否と気管吸引の必要性の有無について、病棟における排痰管理の状況を基に、理学療法士が評価した。自己排痰が確実に可能なものを自己排痰可能例とし、自己排痰が不可能、あるいは可能なこともあるが確実な排痰が望めないものを自己排痰不可能例とした。さらに、自己排痰不可能例では、気管吸引を必要とする気管吸引必要例と飲水やうがいによる加湿療法や呼吸理学療法等の気管吸引以外の非侵襲的な方法によって、排痰が可能となる気管吸引不要例に分類した。

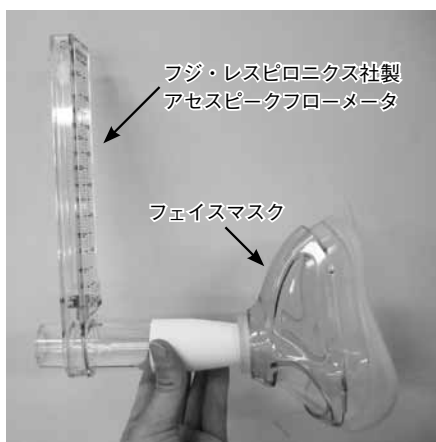


図1 測定器具および方法

左図：測定器具。フジ・レスピロニクス社製アセスピークフローメータに呼気ガス分析用のフェイスマスクを接続する。

右図：測定方法。座位にて、測定器具を空気漏れのないよう顔面に密着させ、咳嗽時の最大努力下における呼気流速を測定する。

3. 検討項目・統計的手法

排痰能力別の CPF、対象の諸指標の比較検討には、一元配置分散分析、 χ^2 検定を用い、多重比較には Games-Howell 法を用いた。次に、自己排痰の可否、気管吸引の必要性の有無を判別する CPF 水準について receiver operating characteristics (以下、ROC) 曲線を用いて検討した。ROC 曲線では、自己排痰の可否、気管吸引の必要性を判別する指標としての CPF の有用性をみる曲線下面積と、それらを判別する CPF 水準を決定した。CPF 水準は、感度 100%、偽陽性率が 0% に近接し、感度と特異度の和が最も高くなる値とした。さらに、その水準で正しく判断できている症例の割合を示す陽性的中率、陰性的中率、正診率および尤度比を算出した。いずれも有意差判定の基準は危険率 5% 未満とした。

II. 結 果

1. CPF と排痰能力の関係

全対象者を排痰能力別に、自己排痰可能例 (446 名)、自己排痰不可能例のうち気管吸引不要例 (117 名)、気管吸引必要例 (83 名) の 3 群に分類した。CPF 測定と同時期の動脈血液ガスと呼吸機能を含めた対象のプロフィールを表 1 に示した。年齢、身長、体重、body mass index (BMI)、動脈血酸素分圧 / 吸入酸素濃度 (以下、P/F ratio)、肺泡気一動脈血酸素分圧較差 (以下、A-aDO₂)、1 秒率以外の呼吸機能の各指標に有意差を認めた。また、疾患の内訳において、神経疾患は自己排痰可能例で少ない結果であった。各群における CPF 値 (平均値 ± 標準偏差) は、順に 385.0 ± 167.8、160.2 ± 66.0、82.5 ± 46.2 L/min であり (表 2)、排痰能力の低下に伴って CPF は有意な低下を示した (p < 0.05)。

表 1 各群における対象のプロフィール

	自己排痰可能例 (n = 446)	自己排痰不可能例		F 値 (* : χ^2 値)	p 値
		気管吸引不要例 (n = 117)	気管吸引必要例 (n = 83)		
男 / 女	317/129	65/52	53/30	(-)	ns
年齢 (歳)	68.7 ± 11.3	73.6 ± 9.8 ^a	76.2 ± 8.5 ^a	22.8	p < 0.05
身長 (cm)	160.8 ± 9.0	156.7 ± 8.2 ^a	155.6 ± 10.5 ^a	17.2	p < 0.05
体重 (kg)	56.8 ± 12.3	47.4 ± 10.9 ^a	45.7 ± 11.2 ^a	49.4	p < 0.05
body mass index (kg/m ²)	21.9 ± 3.8	19.3 ± 4.2 ^a	18.8 ± 4.2 ^a	32.9	p < 0.05
疾患内訳 (名)					
呼吸器疾患	248 (55%)	72 (62%)	40 (48%)		
循環器疾患	89 (20%)	17 (14%)	14 (17%)		
消化器・代謝疾患	92 (21%)	17 (14%)	19 (23%)	22.5*	p < 0.05
運動器疾患	12 (3%)	3 (3%)	5 (6%)		
神経疾患	5 (1%)	8 (7%)	5 (6%)		
動脈血液ガス					
pH	7.42 ± 0.03	7.42 ± 0.05	7.42 ± 0.04	(-)	ns
PaCO ₂ (mmHg)	43.3 ± 7.7	46.0 ± 11.1	45.8 ± 11.0	(-)	ns
P/Fratio (mmHg)	392.7 ± 86.0	331.5 ± 77.3 ^a	338.3 ± 78.0 ^a	10	p < 0.05
A-aDO ₂ (mmHg)	25.6 ± 27.9	48.3 ± 40.8 ^a	52.5 ± 42.8 ^a	7.7	p < 0.05
呼吸機能					
FVC (L)	2.7 ± 0.9	1.4 ± 0.6 ^a	1.0 ± 0.5 ^{a,b}	167.5	p < 0.05
% FVC (%)	90.1 ± 23.0	53.6 ± 21.2 ^a	38.0 ± 17.0 ^{a,b}	149.2	p < 0.05
FEV ₁₀ (L)	2.0 ± 0.8	1.0 ± 0.4 ^a	0.7 ± 0.3 ^{a,b}	98.2	p < 0.05
FEV ₁₀ (%)	72.0 ± 15.8	69.9 ± 23.0	73.2 ± 21.5	(-)	ns
PEF (L)	5.6 ± 2.6	2.4 ± 1.1 ^a	1.5 ± 0.8 ^{a,b}	92.9	p < 0.05
MIP (cmH ₂ O)	76.3 ± 35.1	43.7 ± 23.1 ^a	28.5 ± 15.3 ^{a,b}	50.6	p < 0.05
MEP (cmH ₂ O)	105.2 ± 45.6	64.0 ± 38.6 ^a	35.1 ± 22.0 ^{a,b}	55.5	p < 0.05

平均値 ± 標準偏差 ns : not significant a : p < 0.05, 対 自己排痰可能例 b : p < 0.05, 対 気管吸引不要例
 FVC : forced vital capacity FEV₁₀ : forced expiratory volume in 1 sec PEF : peak expiratory flow
 MIP : maximal inspiratory pressure MEP : maximal expiratory pressure A-aDO₂ : 肺泡気一動脈血酸素分圧較差
 PaCO₂ : 動脈血二酸化炭素分圧 P/F ratio : 動脈血酸素分圧 (PaO₂) / 吸入酸素濃度 (FiO₂)

また、全ての群間で有意差を認めた ($p < 0.05$)。

2. 自己排痰の可否を判別する CPF 水準

図2に、自己排痰の可否を判別する ROC 曲線を示した。自己排痰の可否を判別する指標としての CPF の有用性を示す曲線下面積(平均値±標準誤差)は 0.94 ± 0.01 と有意に高値を認めた ($p < 0.05$)。そして、自己排痰の可否を判別する CPF 水準は、感度 81.2%、特異度 94.5% を示す 240L/min であった。この CPF 値における陽性的中率、陰性的中率、正診率は、順に 97.1%、69.2%、85.3% と高い値を示し、尤度比も 14.8 と高い値が認められた。さらに、比較的症例数が多い疾患ごとに自己排痰の可否を判別する水準をみた場合、呼吸器、循環器、消化器・代謝疾患の順に、210、260、240L/min であった。

3. 気管吸引の必要性の有無を判別する CPF 水準

図3に、自己排痰不可能例 ($n = 200$) において気

管吸引が必要か否かを判別する ROC 曲線を示した。その曲線下面積(平均値±標準誤差)は、 0.86 ± 0.03 と有意に高値を認めた ($p < 0.05$)。気管吸引が必要となる CPF 水準は、感度 77.1%、特異度 82.9% を示す 100L/min であった。この水準における判別精度は、陽性的中率 76.2%、陰性的中率 83.6%、正診率 80.5% と比較的高い値を示したが、尤度比は 4.5 とやや低い値であった。疾患ごとに水準をみた場合、呼吸器、循環器、消化器・代謝疾患の順に、100、120、110L/min であった。

Ⅲ. 考 察

本研究では、中高齢の入院患者を対象に、随意的な咳嗽を評価する CPF の測定と排痰能力を調査した。そして、CPF が排痰能力を十分に反映しているか否かという視点から、CPF と排痰能力の関係を検討した。さらに、中高齢入院患者における排痰能力を判別するための CPF 水準の提示を目的に検討を行った。

表2 Cough peak flow (CPF) と排痰能力の関係

	自己排痰可能例 (n=446)	自己排痰不可能例		F 値 (p 値)
		気管吸引不要例 (n=117)	気管吸引必要例 (n=83)	
CPF (L/min)	385.0 ± 167.8	160.2 ± 66.0 ^a	82.5 ± 46.2 ^{a,b}	229.4 (<0.05)

平均値 ± 標準偏差

a : $p < 0.05$, 対 自己排痰可能例

b : $p < 0.05$, 対 気管吸引不要例

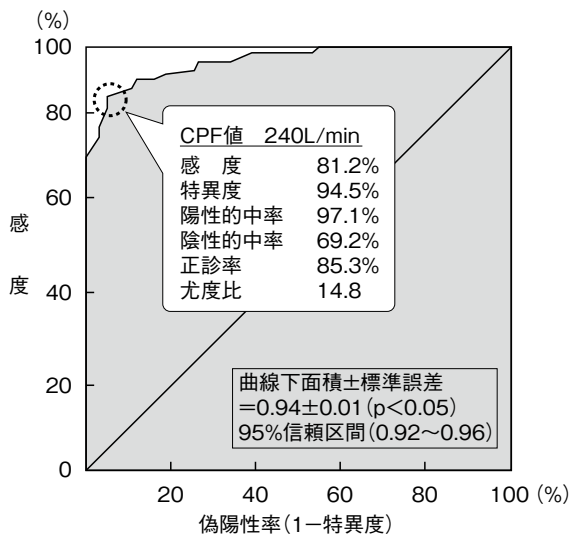


図2 自己排痰の可否を判別する CPF 水準

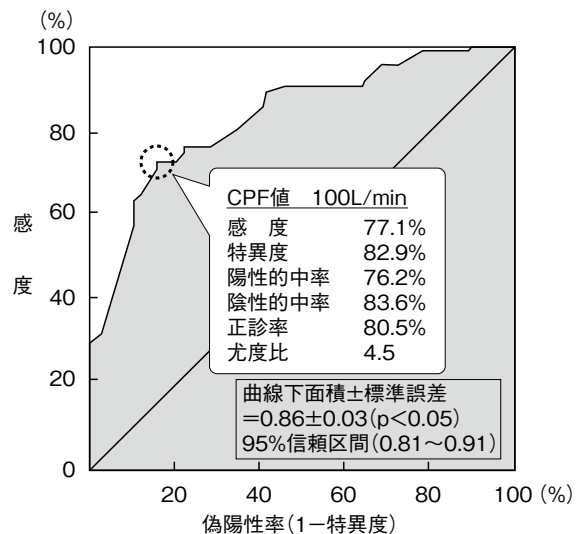


図3 気管吸引の必要性の有無を判別する CPF 水準

近年、CPFが神経筋疾患、慢性呼吸不全患者をはじめとする様々な病態や年齢層の患者に汎用され始めている^{6~9)}。その背景には、Bachらによる排痰能力に関するCPF水準の提示に由来するところがある^{4, 5)}。しかし、その水準は人工呼吸器管理にいたる可能性や抜管の成否に関する検討から導き出されたものであり、CPFと排痰能力の関連性を厳密に検証したうえで提示されたものではない。そこで我々は、はじめにCPFと排痰能力の関係について検討した。その結果、CPFは自己排痰可能例、気管吸引不要例および必要例の順に低値を示し、排痰能力の低下に伴って有意な低下を認めた($p<0.05$)。以上のことから、CPFの多寡は、排痰能力を良好に反映していることが確認された。また、自己排痰不可能例は、自己排痰可能例に比較し、高齢で、体格が痩せ型、呼吸機能が低いという結果であり、身体機能および呼吸機能の予備力が低下している排痰困難例の臨床的特徴を反映しているものと考えられた。さらに、自己排痰不可能例でP/F ratioが低く、A-aDO₂が高い結果は、排痰能力が低く、排痰が不十分である点から、酸素化能の低下を招いている可能性が示唆された。

次に、自己排痰能力を判別するためのCPF水準について検討した。まず、自己排痰の可否を判別するROC曲線の曲線下面積では、0.94と極めて高値を認め($p<0.05$)、CPFは自己排痰の可否を良好に反映する指標であることが確認された。そして、自己排痰の可否を判別するCPF水準240L/minで良好な判別精度を示していた。その正診率は85.3%、尤度比14.8と良好な値が認められ、多くの症例において自己排痰の可否を正しく診断することが可能であった。先行研究においてBachら⁴⁾は、神経筋疾患患者を対象に、経験的にCPFが270L/min以下となると十分に排痰できず呼吸不全にいたる可能性があるとして述べている。本研究における自己排痰の可否を判別するCPF水準240L/minとはほぼ同等であった。また、呼吸器疾患では若干の低い水準を示すものの、いずれの疾患の水準も近似するものであった。以上のことから、この付近のCPF水準はBachらが提示した水準を支持するものであり、自己排痰の可否を判別する点において、排痰に難渋する可能性の高い中高齢患者や、様々な疾患背景のある入院患者に適応可能な水準であることが示された。

さらに、自己排痰不可能例のうち気管吸引を必要とするCPF水準について検討した。その結果、曲線下面積は0.86と有意に高値を認め($p<0.05$)、CPF値100L/minにおいて良好な判別精度を示していた。しかし、前述の自己排痰の可否の判別精度と比較した場合、若干劣る傾向にあった。このことは、本研究における気管吸引を実施する際の判断基準が曖昧であった点や、その必要性の有無に咳嗽力のみでなく、痰の量や性状、声門を開いたまま一気に呼気流速を速めて排痰を行うハフティング等の咳嗽以外の排痰スキルの習得の有無などの他の要因の影響が大きく関与している可能性があると考えられた。しかしながら、陽性的中率は80%を下回るものの、曲線下面積が良好であり、陰性的中率、正診率は80%を上回る比較的良好な判別精度であった点を考慮すると、気管吸引の必要性の有無を判断する客観的指標が存在しない現状では、本研究結果は参考すべき一指標として位置づけられるものと考えられた。

従来、咳嗽力の客観的な評価には、気管支鏡や胸部レントゲンを用いた方法や呼吸機能検査の指標から推測する方法などが用いられていた^{7, 8, 10)}。しかし、これらの測定方法は、侵襲的で高価な機器を必要とすることや、術後や排痰困難症例のベッドサイドでの測定は煩雑な作業となりやすく、臨床現場には一般化されてはいなかった。本研究で用いたCPFの測定器具は、気管支喘息患者が気管攣縮を自己管理するための市販用ピークフローメータを応用したものであり、安価で、測定方法が簡便である点から利便性が高い。そのため、看護師をはじめとする多職種で測定が可能であり、病棟における排痰管理の場面、特に排痰に難渋する気管チューブ抜管後、外科手術後の排痰能力の推移^{11, 12)}や排痰能力や咳嗽力の向上に対する介入の効果判定^{13, 14)}、明確な目標提示などで応用可能である。さらに、我々は先行研究において、同測定器具を用いたCPF測定の信頼性について検討し、検者内および検者間信頼性において高い級内相関係数を認め、CPF測定は測定精度が高いことを確認した¹⁵⁾。これらのことから、CPFは臨床現場において幅広く活用することが可能であり、咳嗽力の多寡や排痰能力を判断する客観的な情報として、多職種間で共有でき、排痰ケアに関する有益な情報源になりうるものと考えられた。

最後に、排痰能力を判断する上で、本研究で検討し

た咳嗽力のみでなく、痰の量や性状、嚥下機能や身体活動量、薬物療法等の影響についても考慮する必要があり、今後の検討課題である。また、より臨床現場に活用するためには、症例数を追加し、詳細な疾患別のCPF水準の検討、特に今回若干低い水準を示した呼吸器疾患患者や手術後や抜管後の症例において検討する必要がある。

結 語

中高齢の入院患者を対象として、CPFと排痰能力の関係、及び排痰能力を判別するCPF水準を検証した。

1. CPFは、排痰能力の低下に伴って有意に低値を示した。
 2. 自己排痰の可否を判別するCPF水準240L/minにおいて良好な判別精度を示した。
 3. 気管吸引の必要性の有無を判別するCPF水準100L/minにおいて比較的良好な判別精度であった。
- 排痰能力を反映する水準を含むCPFの理解は、排痰ケアの実践にあたり有益な情報源となるものと考えられた。

参考文献

- 1) Fink JB : Forced expiratory technique, directed cough, and autogenic drainage. *Respir Care*. 2007 ; 52 : 1210-1221.
- 2) McCool FD : Global physiology and pathophysiology of cough : ACCP Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2006 ; 129 : 48-53.
- 3) 三浦利彦 : 拘束性換気障害へのアプローチ. コメディカルのための呼吸理学療法最新マニュアル. 神津玲編. 大阪, メディカ出版, 2005, pp229-239.
- 4) Bach JR, Ishikawa Y, Kim H : Prevention of pulmonary morbidity for patients with Duchenne muscular dystrophy. *Chest*. 1997 ; 112 : 1024-1028.
- 5) Bach JR, Saporito LR : Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. *Chest*. 1996 ; 110 : 1566-1571.
- 6) Scacho J, Servera E, Diaz J, et al : Predictors of ineffective cough during a chest infection in stable ALS patient. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007 ; 175 : 1266-1271.
- 7) Gauld LM, Boynton A : Relationship between peak cough flow and spirometry in Duchenne muscular dystrophy. *Pediatr Pulmonol*. 2005 ; 39 : 457-460.
- 8) 木村美子, 中河絵美, 中元洋子ほか : 嚥下障害を有する患者における咳嗽力と呼吸機能の関係. *臨床理学療法研究*. 2009 ; 26 : 15-18.
- 9) Kang SW, Shin JC, Rark CI, et al : Relationship between inspiratory muscle strength and cough capacity in cervical spinal cord injured patients. *Spinal Cord*. 2006 ; 44 : 242-248.
- 10) 榎本淳, 千原久幸 : X線透視画像からみた胸郭・横隔膜運動の解析による咳嗽力評価法 術後呼吸器合併症との関係. *神戸大学医学部紀要*. 1991 ; 52 : 93-101.
- 11) 増田崇, 田平一行, 北村亨ほか : 開腹手術前後の咳嗽時最大呼気流速の変化. *理学療法学*. 2008 ; 35 : 308-312.
- 12) 川満由紀子, 細田里南, 西上智彦ほか : 胸腹部外科における咳嗽能力の推移. *国立大学法人リハビリテーションコ・メディカル学会誌*. 2007 ; 28 : 16-18.
- 13) 真下英明, 今井孝子, 石井光昭 : 慢性期頸髄損傷の肺合併症に対する理学療法. *理学療法京都*. 2003 ; 32 : 82-84.
- 14) 白須章子, 玉木彰, 辻田順三ほか : 肢位の変化が咳嗽能力に与える影響と咳嗽介助手技の効果について. *京都大学医療短期大学部紀要*. 2003 ; 23 : 79-86.
- 15) 山川梨絵, 横山仁志, 武市尚也ほか : Peak Cough Flow 測定の再現性. *理学療法学*. 2007 ; 34 Suppl2 : 9.

**The level of cough peak flow for judging ability of clear airway secretion
in middle-old age subjects**

Rie YAMAKAWA¹⁾, Hitoshi YOKOYAMA²⁾, Yosuke WATANABE²⁾, Yuri YOKOYAMA¹⁾
Naoya TAKEICHI³⁾, Shinako IHIZAKA²⁾, Kazuma OKADA¹⁾, Masuo SASA¹⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation Medicine, St. marianna University School of Medicine Yokohama City Seibu Hospital

²⁾ Department of Rehabilitation Medicine, St. marianna University School of Medicine Hospital

³⁾ Department of Rehabilitation Medicine, Tama Hospital in Kawasaki

Corresponding author : Rie YAMAKAWA

Department of Rehabilitation Medicine, St. marianna University School of Medicine
Yokohama City Seibu Hospital

1197-1 Yasashi-cho, Asahi-ku, Yokohama, Kanagawa, 241-0811, Japan

Key words : cough peak flow, ability of clear airway secretion, in middle-old age

Abstract

The purposes of the present study were to examine the relation between cough peak flow (CPF) and the ability to clear airway secretion, and to establish the level of CPF for judging the ability. Six hundred forty-six middle and old age subjects were measured for CPF and the ability to clear airway secretion. The ability to expel taking out airway secretion was divided into "possible to do on one's own" or "not", which was determined by the necessity of the endotracheal suctioning. CPF significantly declined with inability to clear airway secretion ($p < 0.05$). The levels of CPF for judging self-clearing ability and the necessity of suction were 240L/min (sensitivity 81%, specificity 95%), 100L/min (sensitivity 77%, specificity 83%), respectively. CPF reflected the ability to clear secretion very well. This suggests that understanding of CPF including self-clearing ability of airway secretion is useful, for respiratory management.