

学位論文

呼吸筋力の生理学的特徴と介護予防への
応用に関する研究

Studies on physiological characteristics of respiratory muscle
strength and application of prevent care in the elderly

2013 年

滋賀県立大学大学院 博士後期課程
人間文化学研究科生活文化学専攻

分木 ひとみ

目 次

第1章 序論	1
1. はじめに	1
2. 介護予防について	2
3. 特定高齢者について	3
4. 呼吸筋の機能解剖	4
4-1 呼吸筋の解剖と呼吸の生理学的機能	
4-2 呼吸筋の運動学的機能	
5. 呼吸筋力の測定	5
5-1 呼吸筋力とは	
5-2 本研究での呼吸筋力測定方法	
6. 先行研究	12
7. 本研究の目的	13
第2章 呼吸筋の特性	14
1. 身体組成からみた呼吸筋の特性	14
1-1 目的	
1-2 対象および方法	
1-3 結果	
2. 呼吸筋力と運動機能の関係	17
2-1 目的	
2-2 対象および方法	
2-3 結果	
3. 呼吸筋力と肺機能の関係	20
3-1 目的	
3-2 対象および方法	
3-3 結果	

4. 考察	22
5. まとめ	23
第3章 呼吸筋力と年齢の関係および呼吸筋力の性差	25
1. 目的	25
2. 対象および方法	25
3. 結果	25
4. 考察	30
5. まとめ	30
第4章 高齢者における呼吸筋力低下要因	31
1. 呼吸筋力低下と加齢変化に対し運動習慣がおよぼす影響	31
1-1 目的	
1-2 対象および方法	
1-3 結果	
2. 一般高齢者と特定高齢者の呼吸筋力の違い	34
2-1 目的	
2-2 対象と方法	
2-3 結果	
3. 日常生活活動能力と呼吸筋力の関連性	35
3-1 目的	
3-2 対象と方法	
3-3 結果	
4. 考察	40
5. まとめ	41
第5章 高齢者の転倒リスクからみた呼吸筋力低下	42
1. 目的	42

2. 対象と方法	42
3. 結果	42
4. 考察	44
5. まとめ	46
第6章 運動実施による呼吸筋力の変化	47
1. 若年者に対する腹筋群トレーニングと呼吸筋力の変化	47
1-1 目的	
1-2 対象および方法	
1-3 結果	
1-4 考察	
2. 一般高齢者に対するストックウォーキング実施による呼吸筋力の変化	50
2-1 目的	
2-2 対象および方法	
2-3 結果	
2-4 考察	
3. 特定高齢者に対する運動実施による呼吸筋力の変化	54
3-1 目的	
3-2 対象および方法	
3-3 結果	
3-4 考察	
4. まとめ	59
第7章 総括	60
引用文献	62
関連論文	72

第 1 章 序論

1. はじめに

わが国は人口に対し 65 歳以上の占める割合は平成 24 年 8 月現在では 24.0%であり、75 歳以上は 11.8%と、およそ 4 人に 1 人は高齢者また 10 人に 1 人は後期高齢者で、高い高齢化率を有する¹⁾。平成 24 年に出された男性の平均寿命は 79.4 歳、女性は 85.5 歳となり²⁾、長い高齢期を高い QOL（生活の質；quality of life）を維持し過ごすことは非常に重要である。そのためには、活動性の高い日常生活が維持できることが要件としてあげられる。しかし図 1-1 に示したように、平成 12 年度からの要介護認定者数は増加の一途をたどり、近年では特に要支援 1、2、要介護 1、2 の軽度介護者の増加が特徴となっている³⁾。

このような現状から介護保険制度は、平成 18 年度に「予防重視型システム」への転換を目指して大きく見直され、地域支援事業の一環として介護予防事業が創設された。これは、要介護認定を受けていないおよそ 8 割の高齢者にも目を向けて、介護予防に取り組んでいこうという大きな変換であった。

介護予防事業は運動機能向上や、栄養改善など多角的な側面から事業が行われている。高い運動能力獲得には、高い呼吸機能が必要であるが、呼吸機能維持改善に対する事業は取り入れられていない。平成 23 年には死因の第 3 位が、脳血管疾患から肺炎に代わり、慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease; 以下 COPD）が 9 位であった⁴⁾。呼吸機能は生命維持にも深くかかわり、今後さらに重要視されることが予測できる。なかでも呼吸筋群は、呼吸運動をつかさどる筋であるとともに、体幹および四肢の運動にも関与している。本研究は呼吸筋群の呼吸運動の側面だけでなく、全身運動としての側面について呼吸筋力を取り上げて研究を進めていく。なかでも高齢者を対象に、介護予防に関する呼吸筋力の意義について検討を行う。

本章では、本研究で使用する用語について概説し、呼吸筋力に関連する先行研究について概観し本研究の目的を説明する。

第1章 序論

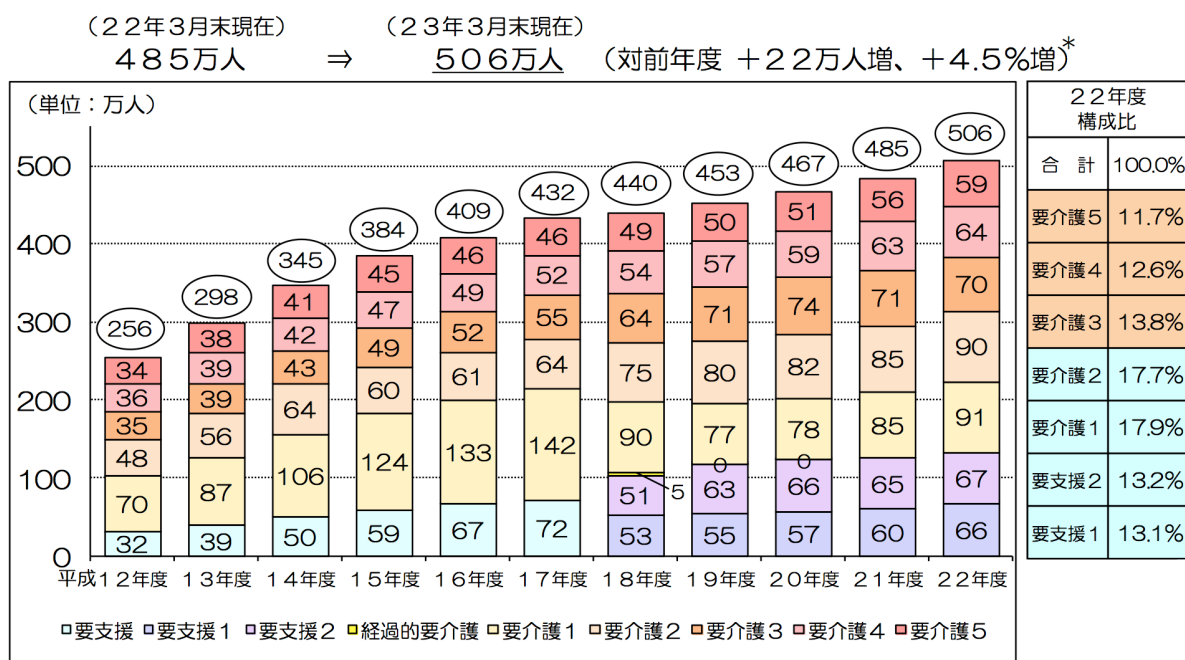


図 1-1 要介護（要支援）認定者数（平成 23 年 3 月末現在）³⁾

2. 介護予防について

介護保険制度が開始となった平成 12 年度から 5 年が経過した平成 17 年度に、介護保険制度の見直しが行われた結果、軽度の要介護者が増加していることが問題となった。そこで、早期の介護予防が重要であることが認識され、介護予防事業が創設され平成 18 年度より実施されることになった。しかし 65 歳の高齢者になった途端に介護予防が始まるのではなく、中年期における生活習慣の予防から継続的に介護予防は始まっている（図 1-2）⁵⁾。つまり、総合的な介護予防システムとして、一次予防、二次予防、三次予防が段階的に作成されているのである。高齢期には疾病予防に加え、生活機能低下の予防という視点が加わり、加齢や身心機能低下に伴う危険な老化のサインを早期発見するのが、具体的な介護予防である⁶⁾。

介護予防における一次予防とは、活動的で元気な状態から虚弱状態に陥ることを防ぐことであり、二次予防とは虚弱な高齢者における生活機能低下を早期に発見し、適切な対応をすること、三次予防とは要介護状態にある者のさらなる重症化を防ぎ、改善への取り組みを行うことである。元気で自立した生活を送る高齢者は一般高齢者と呼ばれ、

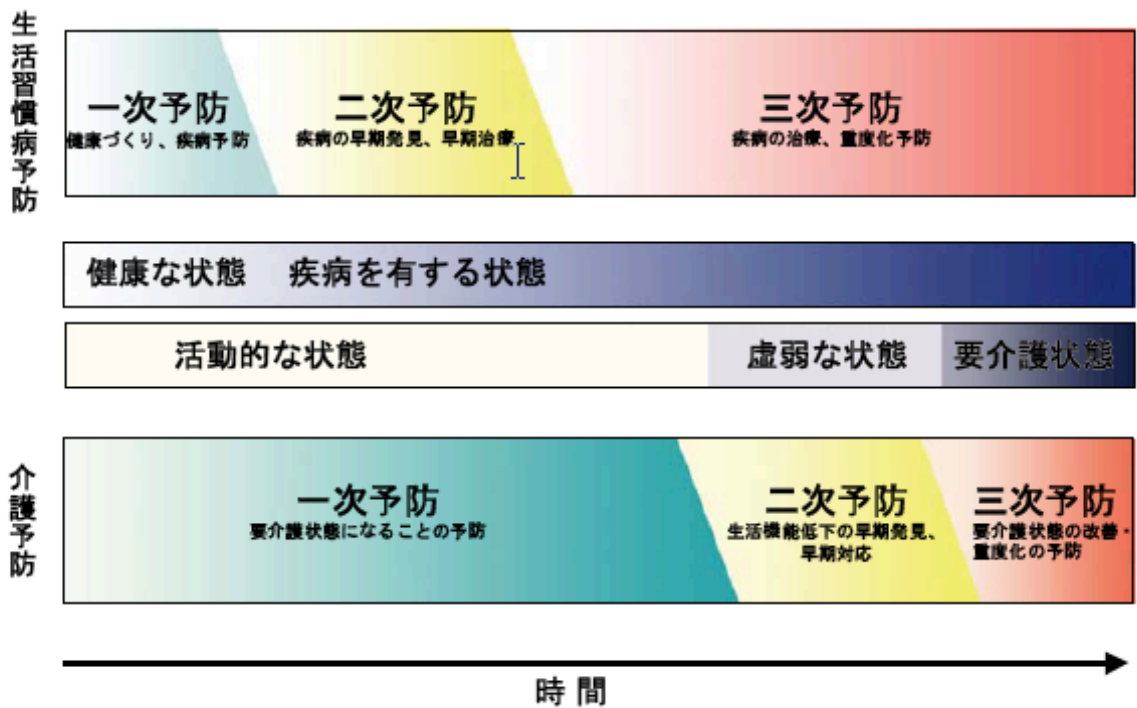


図 1-2 生活習慣病および介護予防の「予防」の段階⁵⁾

一次予防事業では介護予防に関する情報のパンフレット作成や、講演会などにより介護予防の知識を普及啓発する活動、介護予防のための組織育成などの活動が行われている。

二次予防では、要介護状態になるおそれの高い高齢者を把握するために、スクリーニングである「基本チェックリスト」が高齢者に対し実施されている。記入された基本チェックリストをもとに二次予防事業対象者として決定し、該当した項目内容に対応したプログラムが作成されている（表 1-1）。プログラムは、運動器の機能向上、栄養改善、口腔機能向上、閉じこもり予防、認知症予防、うつ予防で構成されている。

平成 22 年国民生活基礎調査⁷⁾によると、要支援認定の主な原因は第 1 位が関節疾患であり、第 4 位の骨折・転倒と合わせると 3 割以上が運動器に関連した原因である。表 1-2 に示すように、要介護認定の原因とは異なる特徴である。つまり、高齢者の運動機能を高い状態で維持する、もしくは運動機能低下のサインを早く見つけることで要支援認定を受ける対象者を減少することは可能であり、高い運動機能は高齢者の介護予防には大いに貢献するのである。

本研究で対象としたのは、介護予防において中心となる高齢者で、二次予防事業の運

動器の機能向上プログラム対象者である。運動器の機能向上プログラムは、期間が通常3ヵ月間を目安に実施されている。基本チェックリスト結果から該当した高齢者を対象に、個別のプログラム前後の健康状態、生活習慣および体力水準が評価され体力に応じた運動プログラムが提供され、集団および自宅でのメニューが併用される。平成24年度からは膝痛、腰痛などにより従来のプログラムに参加できなかった人たちに対し、新たに運動器疾患対策プログラム（膝痛・腰痛対策、転倒・骨折予防）が行われることとなった⁵⁾。

3. 特定高齢者について

平成18年度から介護予防に焦点を当てた取り組みが行われ、一次予防の元気な高齢者は「一般高齢者」、二次予防の要介護状態になるおそれのある高齢者は「特定高齢者」と称された。しかし事業開始4年後の平成21年度末の実施状況によれば、基本チェックリストの実施率は高齢者人口の30.1%であった。早期発見のためには、できるだけ多くの高齢者にスクリーニングを実施してもらう必要があるが、およそ3割の実施率は要介護状態となるおそれのある高い高齢者を十分に把握するには低い値であった。実際、スクリーニングから特定高齢者として把握されたのは3%台であり、予防教室への参加者は把握されたうちの12%から15%で、対高齢者人口の約0.5%であった。このような低い参加率を改善するため、事業内容の見直しが行われ、平成22年8月から前述したような予防医療の見地に立った介護予防事業として、元気な一般高齢者を対象とした一次予防事業と虚弱な高齢者を対象とした二次予防事業と名称を改め地域支援事業として開始された⁸⁾。

この改正により一般高齢者は「一次予防事業の対象者」、特定高齢者は「二次予防事業の対象者」と名称が変更された（図1-3）。本研究での対象者は、平成22年の改正以前に介護予防事業に参加した高齢者が含まれるため、名称は「特定高齢者」を使用することとした。

表 1-1 基本チェックリスト⁵⁾

No.	質問項目	回答 (いずれかに○をお付け下さい)		
1	バスや電車で1人で外出していますか	0.はい	1.いいえ	10項目以上 に該当
2	日用品の買物をしていますか	0.はい	1.いいえ	
3	預貯金の出し入れをしていますか	0.はい	1.いいえ	
4	友人の家を訪ねていますか	0.はい	1.いいえ	
5	家族や友人の相談にのっていますか	0.はい	1.いいえ	
6	階段を手すりや壁をつたわずに昇っていますか	0.はい	1.いいえ	運動 3項目以上 に該当
7	椅子に座った状態から何もつかまらずに立ち上がっていますか	0.はい	1.いいえ	
8	15分位続けて歩いていますか	0.はい	1.いいえ	
9	この1年間に転んだことがありますか	1.はい	0.いいえ	
10	転倒に対する不安は大きいですか	1.はい	0.いいえ	栄養 2項目に該当
11	6カ月間で2~3kg以上の体重減少がありましたか	1.はい	0.いいえ	
12	身長 cm 体重 kg (BMI=) (注)			口腔 2項目以上 に該当
13	半年前に比べて固いものが食べにくくなりましたか	1.はい	0.いいえ	
14	お茶や汁物等でむせることがありますか	1.はい	0.いいえ	
15	口の渇きが気になりますか	1.はい	0.いいえ	閉じこもり
16	週に1回以上は外出していますか	0.はい	1.いいえ	
17	昨年と比べて外出の回数が減っていますか	1.はい	0.いいえ	認知機能
18	周りの人から「いつも同じ事を聞く」などの物忘れがあるとされますか	1.はい	0.いいえ	
19	自分で電話番号を調べて、電話をかけることをしていますか	0.はい	1.いいえ	
20	今日が何月何日かわからない時がありますか	1.はい	0.いいえ	
21	(ここ2週間)毎日の生活に充実感がない	1.はい	0.いいえ	うつ
22	(ここ2週間)これまで楽しんでやれていたことが楽しめなくなった	1.はい	0.いいえ	
23	(ここ2週間)以前は楽にできていたことが今ではおっくうに感じられる	1.はい	0.いいえ	
24	(ここ2週間)自分が役に立つ人間だと思えない	1.はい	0.いいえ	
25	(ここ2週間)わけもなく疲れたような感じがする	1.はい	0.いいえ	

(注) BMI=体重(kg)÷身長(m)÷身長(m)が18.5未満の場合に該当とする。

表 1-2 介護が必要となった主な原因 (平成 22 年国民生活基礎調査⁷⁾改変)

	第1位	第2位	第3位	第4位	第5位
要支援	関節疾患 (19.4%)	衰弱 (15.2%)	脳血管障害 (15.1%)	骨折・転倒 (12.7%)	心疾患 (6.1%)
要介護	脳血管障害 (24.1%)	認知症 (20.5%)	衰弱 (13.1%)	骨折・転倒 (9.3%)	関節疾患 (7.4%)

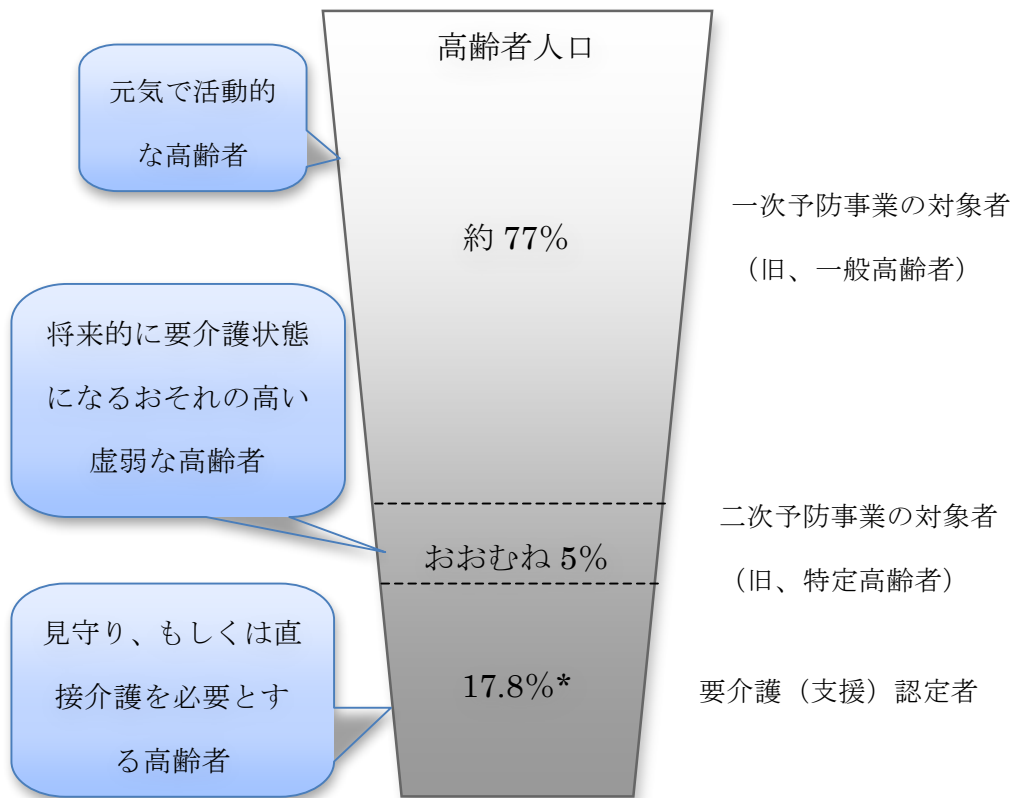


図 1-3 介護予防事業における高齢者の名称 (樋口⁶⁾ 改変)

*2011 (平成 23) 年 12 月現在

4. 呼吸筋の機能解剖

4-1 呼吸筋の解剖と呼吸の生理学的機能

呼吸は鼻腔・口腔・咽頭・喉頭までの上気道と、気管・気管支・肺までの下気道において行われる。呼吸は換気とガス交換によってなりたっているが、換気は肋骨・胸骨・脊柱からなる胸郭を呼吸筋が動かすことにより、胸腔内の陰圧を変化させ行われる⁹⁾。

呼吸には、安静呼吸と努力性呼吸があり、呼吸に作用する主な呼吸筋を図 1-4 に示した。安静吸気に働く筋は、横隔膜、斜角筋、外肋間筋および内肋間筋の胸骨傍線維である。なかでも横隔膜は最も重要で効率のよい吸気筋であり、吸気の 60~80%を担い、その作用は、胸郭を前後および内外側方向へ拡張することで、胸腔内容量を増加させ胸腔内陰圧を高めることで肺への外気流入を促すことである。斜角筋は横隔膜と一緒に活動し、上位肋骨とそれに付着する胸骨をもちあげ胸腔内容量を増加させ、外肋間筋と内

第1章 序論

肋間筋の胸骨傍線維は肋骨の挙上に働くとともに、肋間を安定させる働きをもっている。安静呼気は、胸腔および肺の弾力性と横隔膜の弛緩によって生じる受動的な過程であり、筋活動に依存しない。

努力性吸気では吸気の主動作筋である安静吸気筋を補助する筋が必要であり、その補助筋は上・下後鋸筋、長・短肋骨挙筋、胸鎖乳突筋、僧帽筋、広背筋、脊柱起立筋、大・小胸筋、前鋸筋および腰方形筋である。それぞれの筋は、胸腔内容量を増加させるのに直接的あるいは間接的な作用をもっている。

努力性呼気は安静呼気と違い、胸腔内容量の急速な減少には随意的筋収縮が必要となる。関与する筋は腹直筋、内・外腹斜筋および腹横筋の腹筋群と内肋間筋の骨間線維および胸横筋である。腹筋群の収縮は直接的に肋骨と胸骨を下制し、胸腔内容量を急速に減ずることや、予備呼気量の限界まで力一杯に呼出することができる。間接的には、胸腔内圧を上昇させることで弛緩した横隔膜を胸腔内上方へと力強く押し上げ、胸郭から空気を流出させるのを助けるために、パラシュート型の横隔膜をうまく利用している。内肋間筋と胸横筋については、胸腔内容量を減じる働きがある。このように腹筋群は努力性の呼気筋であるが、吸息時に横隔膜が下降し腹腔内容が圧縮される時、これらの筋群の張力が腹腔内圧を上昇させ、横隔膜ドームを安定させる働きを担う。さらに、最大呼息時には腹筋群の働きにより横隔膜が強制的に上方へ持ち上げられる。つまり、長さ-張力曲線の至適点まで伸張され、横隔膜は次の吸息時に強い収縮を開始することができるので、腹筋群の収縮は吸息を強化することにも関与するのである¹⁰⁻¹²⁾。

これらの吸気および呼気に働く筋群により換気が行われ、肺でのガス交換により呼吸が営まれている。肺に含まれるガスの量を肺気量といわれ、これは呼吸運動によって変化するため次の呼吸レベルで区分している。それは①呼吸筋を使用していない安静呼気位、②自然に息を吸い込んだ安静吸気位、③最大に吸い込んだ最大吸気位、④最大に吐き出した最大呼気位の4つである(図1-5)。成人の安静呼吸時の換気量は通常500ml前後で、これを1回換気量という。深呼吸時はこれよりさらに約1,800ml多く吸入できこれを予備吸気量といい、さらに約1,500ml多く呼出できこれを予備呼気量という。

図1-5に示した肺活量(vital capacity ; VC)は、以上の3者を合わせた容量である^{9) 13,14)}。

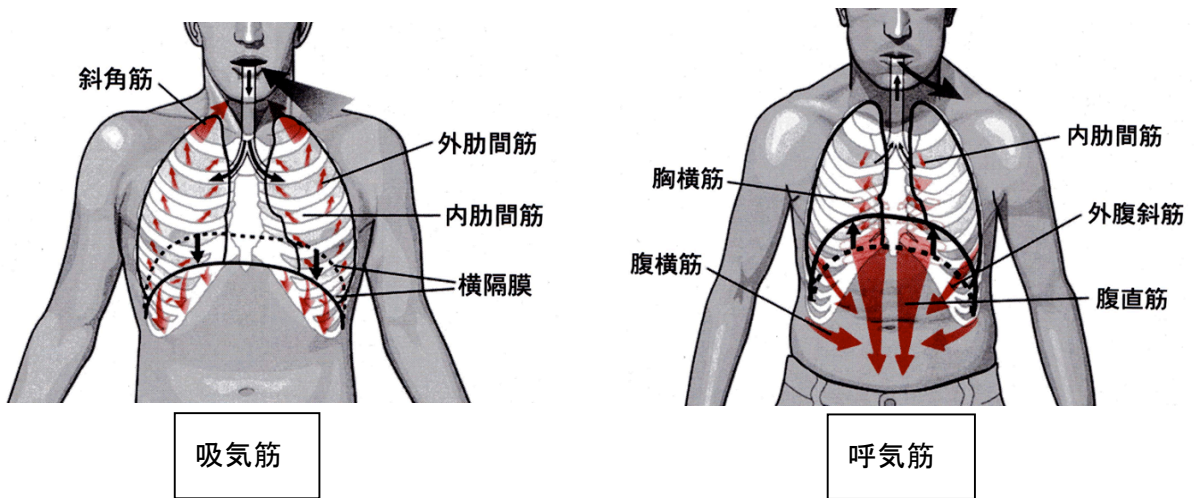


図 1-4 呼吸筋 (嶋田¹¹⁾ 改変)

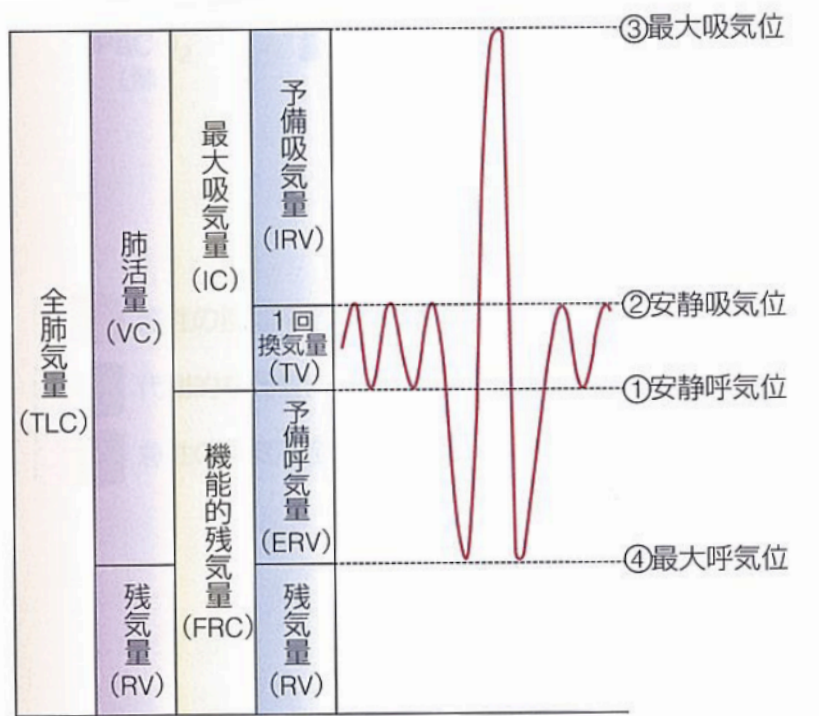


図 1-5 肺気量分画 (真寿田¹⁴⁾ 改変)

TLC : 全肺気量、VC : 肺活量、IC : 最大吸気量、FRC : 機能的残気量

IRV : 予備吸気量、TV : 1回換気量、ERV : 予備呼気量、RV : 残気量

4-2 呼吸筋の運動学的機能

胸郭の構造をみると、肋骨は胸椎の両端に関節構造によって連結し、胸骨とは下位 2

対以外の肋骨は肋軟骨によって連結している。このように一対の肋骨は閉鎖ループを形成し、胸椎および胸骨と連動して呼吸運動を行う。その肋骨運動はポンプやバケツのハンドルを蝶番で取り付けた運動に例えられ、矢状面の肋骨の運動はポンプハンドル運動、前額面はバケツハンドル運動といわれている(図 1-6)。肋骨は全胸椎に付着しているので、椎骨の運動が肋骨運動を引き起こす。胸椎の屈曲と伸展はそれぞれ肋骨の下制と挙上運動をとめない、肋骨の運動は肋軟骨を介して胸骨を挙上時に上方へ変位させる。しかし胸骨の変位範囲は肋骨より少ないため、肋軟骨に受動的な捻れが生じ、軟骨に弾性エネルギーを蓄えることになる。この受動的な力は、軟骨の反動で力が放出され筋収縮を必要とせず肋骨を押し下げ、呼気時に胸郭の容積を減少させることに役立っている。胸椎とこれに連結する胸郭の構造と機能は互いに密接な関係にあり、肋骨は胸椎の屈曲時や側屈時の制限因子となる。また水平面における胸椎の回旋は、一対の肋骨に対し非対称の影響を及ぼし、胸郭は胸椎の安定を補助するとともに可動域を制限しているため、胸椎の運動性と安定性は胸郭の影響が大きいといえる¹⁴⁾。

筋活動についてみると、内・外肋間筋は吸気と呼気の直接的な働きだけでなく、胸郭の拡張時の肋骨の陥没を防ぎ、胸郭を支持するために肋間筋は同期して収縮することで、胸壁の強化と肋骨の安定のために、お互いに垂直方向への固定を協調して行っているのである¹²⁾¹⁴⁾。

5. 呼吸筋力の測定

5-1 呼吸筋力とは

呼吸筋の筋力を測定する方法にはバルーンを食道に留置して得られる食道内圧、胃にバルーンを留置して得られる胃内圧、さらにこの2つの差を取った経横隔膜圧を用いた方法、あるいは口腔内圧を計測する方法や鼻腔吸気圧を計測する方法がある¹⁶⁻²⁰⁾。バルーンを用いる方法は横隔膜の純粋な収縮力が得られる反面、侵襲的で操作が難しく専門的な技術を必要とし簡易に測定することはできない。後者の口腔内圧や鼻腔吸気圧を計測する方法は非侵襲的であり、簡易に測定することができ、鼻腔吸気圧の計測は鼻をすするように吸気を行った際に発生する圧を測定し、横隔膜の筋力を主に反映しているとい

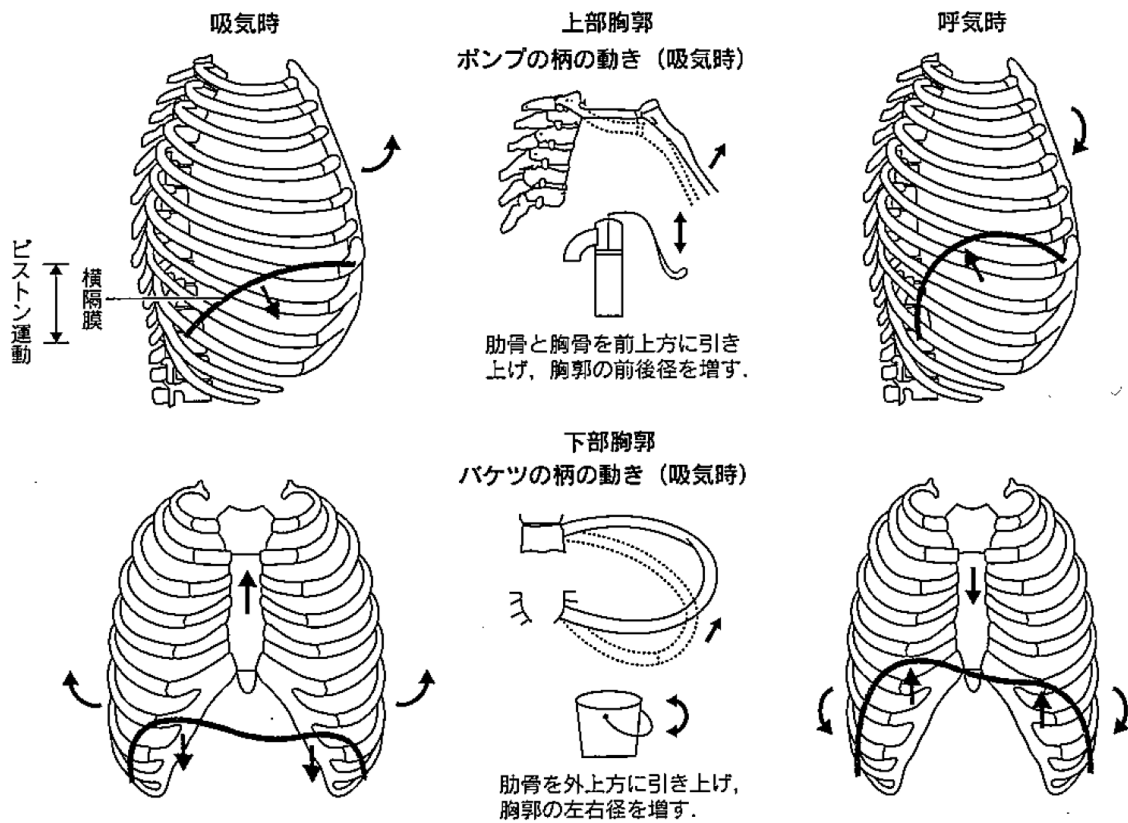


図 1-6 胸郭の呼吸運動 (佐野²¹⁾改変)

われている²²⁻²³⁾。

呼吸筋は呼吸に合わせて複数の筋が同時に働くため、その発生する張力を長さ-張力関係に基づく呼吸筋発生圧-肺気量関係にて呼吸筋力の指標を得ることができる。すなわち、呼吸筋においては肺気量を呼吸筋の長さの指標、呼吸筋による発生圧を張力の指標として、口腔内圧を測定することで呼吸筋力として一般に広く用いられている。吸気努力あるいは呼気努力時の口腔内圧をある一定肺気量位で測定し、最大吸気努力時の静的口腔内陰圧を最大吸気口腔内圧 (maximum static inspiratory pressure: P_Imax)、最大呼気努力時の静的口腔内陽圧を最大呼気口腔内圧 (maximum static expiratory pressure: P_Emax) と定義されている。口腔内圧は全肺気量位から段階的に肺気量を減じ、それぞれの肺気量位で最大吸気あるいは呼気口腔内圧を測定し繰り返していくと、図に示すように P_Emax は減少していき、逆に P_Imax は増加していく。この口腔内圧

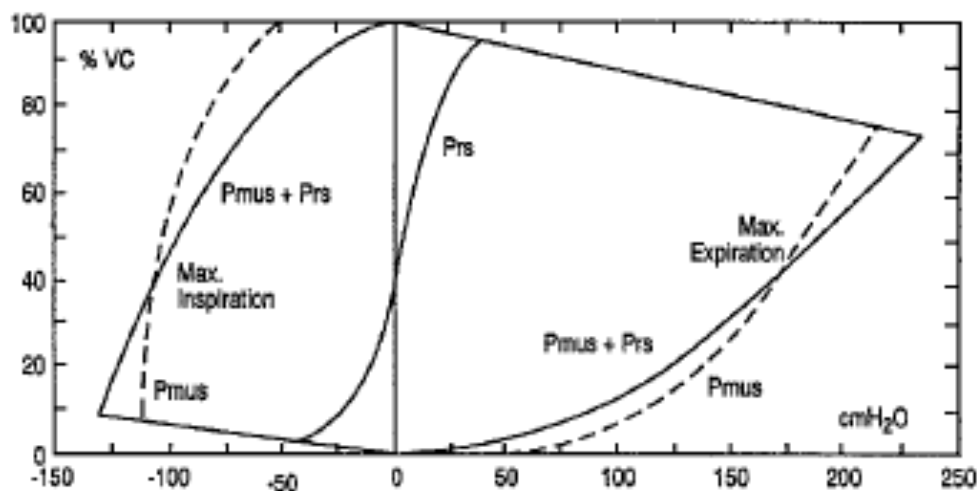


図 1-7 肺気量と呼吸筋力の関係¹⁶⁾

と肺気量との関係を圧量関係と呼び、各肺気量で観察される筋力は肺気量と肺と胸郭の弾性収縮および拡張圧により影響を受けるのである¹⁶⁾。よって、測定にはどの肺気量位で測定した圧であるかを明記する必要がある。

5-2 本研究での呼吸筋力測定方法

本研究では呼吸筋力は最大努力をした口腔内圧を用い、 PI_{max} は最大呼気位で、 PE_{max} は最大吸気位で測定した。測定機器は、多機能電子スパイロメーター（HI-801 チェスト社製）を使用した（図 1-8）。測定方法は ATS/ERS ステートメントに基づき測定し、少なくとも 3 回の測定を行い、差が 20%未満を示した 3 回の測定値の最大値を記録しデータとして使用した^{16) 24)}。

6. 先行研究

呼吸筋力は主に呼吸リハビリテーションの分野において、呼吸筋トレーニングの効果

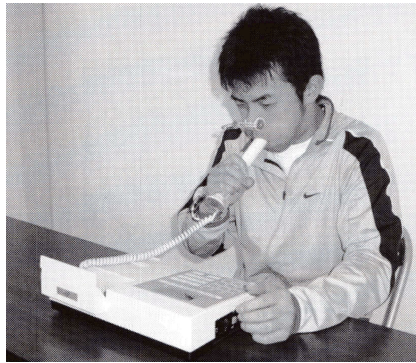


図 1-8 呼吸筋力測定²¹⁾

について検討がなされてきている。その対象は主に COPD 患者であり、American Thoracic Society and European Respiratory Society¹⁶⁾は呼吸筋力低下を伴う患者に対し、吸気筋トレーニングは付加的な治療であると示している。また ACCP (American College of Chest Physicians) と AACVPR (American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation) の 2007 年のガイドライン²⁵⁾においても、呼吸筋力が低下し息切れのある患者に対して吸気筋トレーニングを実施するとしている。さらに COPD 患者だけでなく、筋萎縮性側索硬化症、筋ジストロフィー、重症筋無力症、脳卒中、脊髄損傷後の四肢麻痺患者などにおいても、呼吸筋トレーニングが呼吸機能改善に効果を認める報告がある^{17) 25,26)}。

一方健常者においては呼吸筋トレーニングの影響に関する報告²⁷⁻³⁴⁾や、スポーツ選手の呼吸筋力特性や効果の報告^{35,36,37)}があるが、これらは若年者を対象としている。健常な高齢者の対象では、堀江ら^{38,39)}の報告や、姿勢や脊柱変形である円背との関係性についての報告⁴⁰⁻⁴⁴⁾があるが、少ないのが現状である。高齢者において COPD 患者への対策はいうまでもないが、COPD 発症のリスク回避が重要であることが示されており⁴⁵⁻⁴⁷⁾、高齢者の呼吸機能低下を予防する必要性は明白である⁴⁸⁾。しかし、先行研究では健常な高齢者の呼吸筋力に関する特性、特に運動機能側面からみた呼吸筋の加齢変化や特性に関しては明らかにはなっていないため検討が必要である。また、本邦における介護予防の観点から、呼吸機能および呼吸筋に関する報告はほとんどなく、研究の必要性は高いと考える。

7. 本研究の目的

前述したわが国での高齢者を取り巻く社会背景と先行研究をふまえ、本研究では、若年者から高齢者までを対象に、呼吸筋の運動機能としての特性を解明し、介護予防における高齢者の呼吸筋の重要性について検証することを目的とした。さらに、呼吸筋力改善の可能性や運動介入効果について、介護予防の観点から検討することを目的とした。

そこで本研究の構成は、以下の通りとした。

- ① 呼吸筋力の呼吸機能、身体特性および運動機能の関係性について分析し体力としての側面から呼吸筋の特性について解析する。
- ② 呼吸筋力の加齢による変化や、生活状況や活動性の違いによる高齢者の呼吸筋力の特性を明確にし、高齢者における呼吸筋力の運動機能としての重要性について介護予防の側面から検証する。
- ③ 呼吸筋力改善の可能性や運動介入効果について、介護予防の観点から検証する。

第2章 呼吸筋の特性

1. 身体組成からみた呼吸筋の特性

1-1 目的

呼吸筋は頸部から腹部にかけて存在する筋であり、体格の影響を受けると考えられる。本章では身長や体重などとの関係性を検討し、身体組成からみた呼吸筋の特性を明らかにすることを目的とする。

1-2 対象および方法

対象は呼吸器疾患を有さない345名で、女性206名と男性139名である。平均年齢は女性 61.2 ± 18.1 歳（19～92歳）、男性 52.2 ± 21.6 歳（19～89歳）である。

身体組成として評価した項目は、身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重、およびBMIである。除脂肪体重は、デュアル周波数体組成計（DC-320 タニタ社製）を使用し、体脂肪率を測定し計算によって求めた。呼吸筋力はP_Imax および P_Emax を、前述の方法にて測定した。

解析にはStatview5を用い、P_Imax および P_Emax と身体組成の各項目との関係性について、男女各々にPearsonの相関係数を求めた。有意水準は、危険率5%未満とした。

1-3 結果

対象者を3グループに区分し、19～39歳を若年者群、40～64歳を中年者群、65歳以上を高年齢者群とした。若年者群は71名で女性30名（ 24.4 ± 6.4 歳）、男性41名（ 22.6 ± 4.7 歳）、中年者群は128名で女性70名（ 57.3 ± 5.8 歳）、男性58名（ 57.0 ± 7.1 歳）、高年齢者群は146名で女性106名（ 74.3 ± 6.1 歳）、男性40名（ 75.4 ± 6.7 歳）であった。

表2-1には、全体と3グループの男女別の測定結果を示した。項目は年齢、身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重、BMI、P_Imax および P_Emax であり、平均値と標準偏差値を示した。女性の中年者群はBMIが 26.2 ± 2.9 kg/m²で、体脂肪率が $38.0 \pm 4.2\%$ の結果から、軽度肥満傾向であった。

第2章 呼吸筋の特性

表 2-2 には、PImax および PEmax と各測定項目との相関係数を示した。PImax および PEmax の両方が、身長、体重、除脂肪体重および BMI と有意な正の相関関係を認め ($p < 0.5 \sim 0.001$)、男女とも同様の傾向を認めた。ただし体脂肪率については性差を認め、PImax および PEmax とも女性では有意な正の相関関係を認めたが ($p < 0.001$)、男性ではいずれも相関関係は認めなかった。

Table2-1 Means (M) and standard deviations (SD) of each measurement value

	Total		Young group (19~39 years)		Middle-aged group (40~64 years)		Elderly group (65 years or older)		
	sex	n	M ± SD	n	M ± SD	n	M ± SD	n	M ± SD
Age (years)	F	206	61.2±18.1	30	24.4±6.4	70	57.3±5.8	106	74.3±6.1
	M	139	52.2±21.6	41	22.6±4.7	58	57.0±7.1	40	75.4±6.7
Height (cm)	F	206	153.3±6.4	30	160.8±5.4	70	153.9±5.6	106	150.8±5.2
	M	139	167.6±6.7	41	171.4±5.2	58	168.4±6.2	40	162.7±5.8
Weight (kg)	F	206	55.9±9.9	30	57.5±9.1	70	62.1±8.4	106	51.4±8.7
	M	139	66.9±11.4	41	68.1±12.2	58	69.4±8.0	40	62.0±13.2
Body fat percentage (%)	F	186	33.3±6.5	30	30.5±6.4	68	38.0±4.2	88	30.6±5.9
	M	134	21.8±5.05	41	19.3±5.8	57	23.7±3.5	36	21.8±6.4
Lean body mass (kg)	F	186	37.3±4.1	30	35.5±3.7	68	38.6±3.4	88	35.6±4.2
	M	134	52.1±5.5	41	54.4±6.1	57	53.0±5.0	36	48.0±8.1
BMI (kg/m ²)	F	206	23.7±3.7	30	22.2±3.3	70	26.2±2.9	106	22.6±3.5
	M	139	23.7±3.4	41	23.2±3.8	58	24.4±2.2	40	23.3±4.2
PEmax (cmH ₂ O)	F	206	64.2±21.9	30	75.6±21.4	70	71.8±20.9	106	56.0±19.4
	M	139	110.7±38.7	41	114.2±28.8	58	125.1±38.7	40	86.2±36.2
PImax (cmH ₂ O)	F	206	59.4±20.9	30	68.1±19.5	70	64.9±22.0	106	53.3±18.7
	M	139	90.4±29.6	41	102.3±22.0	58	95.7±29.5	40	70.4±27.1

BMI: body mass index, F: Female, M: Male

Table2-2 Correlation between respiratory muscle strength and physical characteristics

	sex	n	PImax		PEmax	
Height	F	206	0.194	**	0.186	**
	M	139	0.281	***	0.238	**
Weight	F	206	0.255	***	0.253	***
	M	139	0.338	***	0.344	***
Body fat percentage	F	186	0.25	***	0.221	***
	M	134	0.124	ns	0.154	ns
Lean body mass	F	186	0.161	*	0.242	***
	M	134	0.351	***	0.352	***
BMI	F	206	0.192	**	0.2	**
	M	139	0.257	**	0.293	***

BMI: body mass index, F: Female, M: Male

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$, ns: no significsnt

2. 呼吸筋力と運動機能の関係

2-1 目的

呼吸筋力の運動機能としての特性を明らかにするため、筋力、敏捷性および平衡機能の体力要素と呼吸筋力の関係性について検討した。

2-2 対象および方法

対象は前項の身体組成との関係性を検証した対象と同様であり、呼吸器疾患を有さない345名で女性206名と男性139名である。平均年齢は女性 61.2 ± 18.1 歳（19～92歳）、男性 52.2 ± 21.6 歳（19～89歳）である。

運動機能は筋力として握力と足踏みテスト、敏捷性として座位ステップングテスト、および平衡機能として開眼片脚立位時間を測定項目とした。足踏みテストとは大腿が水平になるまで挙上する足踏みを、10秒間にできるだけ速く行いその数を測定するもの

第2章 呼吸筋の特性

である¹⁾。座位ステッピングテストは木村ら²⁾の方法に従い、椅子座位で椅子を両手で握り身体を固定させ、足元の2本のライン（間隔30cm）の内側に両足を置き、ラインを踏まずに20秒間にできるだけ速く両足を開閉させ、内側に両足がついた回数を数えた。呼吸筋力は前項と同様に、PI_{max} および PE_{max} を用いた。

解析には Statview5 を用い、PI_{max} および PE_{max} と運動機能測定項目との関係性について、男女各々に Pearson の相関係数を求めた。有意水準は、危険率5%未満とした。

2-3 結果

表2-3には前項と同様に、全体と3グループに分けた握力、足踏みテスト、座位ステッピングテストおよび開眼片脚立位時間の平均値と標準偏差値を男女別に示した。握力は若年者と中年者ではほとんど差はないが、高齢者になると低い値を示した。足踏みテスト、座位ステッピングテストおよび開眼片脚立位時間の3項目は、グループの年齢が高くなるにつれ低下の傾向を認めた。これらの結果は、男女とも同じ傾向が認められた。呼吸筋力の測定値は表2-1と同様である。

表2-4には、PI_{max} および PE_{max} と各項目との相関係数を示した。男女とも PI_{max} と PE_{max} の両方が、握力、足踏みテスト、座位ステッピングテストおよび開眼片脚立位時間と、有意な正の相関関係を認めた ($p < 0.05 \sim 0.001$)。

Table2-3 Means (M) and standard deviations (SD) of each measurement value

	Total		Young group (19~39 years)		Middle-aged group (40~64 years)		Elderly group (65 years or older)		
	sex	n	M ± SD	n	M ± SD	n	M ± SD	n	M ± SD
Grip strength (kg)	F	206	24.5±5.8	30	28.8±5.6	70	27.4±4.6	106	21.3±4.7
	M	139	41.6±9.0	41	44.6±6.5	58	45.8±5.9	40	32.6±8.6
Step test (steps/10 seconds)	F	199	22.9±5.0	30	28.3±5.0	70	24.2±2.7	99	20.4±4.7
	M	135	25.2±4.6	41	29.1±4.1	57	24.8±2.6	37	21.5±4.3
Stepping (steps/20 seconds)	F	178	35.4±6.0	5	40.2±5.2	70	37.7±5.3	103	33.6±5.9
	M	98	34.8±5.1	4	35.5±5.5	57	36.3±4.4	37	32.3±5.2
Standing on one foot with eyes open (second)	F	177	42.5±21.5	5	60.0±0.0	70	52.0±15.8	102	35.1±22.4
	M	100	45.4±20.7	4	60.0±0.0	58	54.4±12.5	38	30.1±22.8

F: Female, M: Male

Table2-4 Correlation between respiratory muscle strength and functional factors

	sex	n	PImax		PEmax	
Grip strength	F	206	0.383	***	0.429	***
	M	139	0.493	***	0.45	***
Step test	F	199	0.374	***	0.395	***
	M	135	0.416	***	0.307	***
Stepping	F	178	0.323	***	0.295	***
	M	98	0.241	*	0.245	*
Standing on one foot with eyes open	F	177	0.34	***	0.338	***
	M	100	0.427	***	0.401	***

F: Female, M: Male, *: p<0.05 ***: p<0.001

3. 呼吸筋力と肺機能の関係

3-1 目的

呼吸筋力の肺機能としての働きを明確にするため、呼吸筋力と肺活量、%肺活量、1秒量および1秒率との関係性について検討した。

3-2 対象および方法

対象は前項で示した対象と同様で、呼吸器疾患を有さない340名で女性203名、男性137名である。

測定項目は肺活量および1秒量で、測定には多機能電子スパイロメーター（HI-801 チェスト社製）を使用した。%肺活量および1秒率は、測定時に算出された値を用いた。呼吸筋力は前項と同様に、PImax および PEmax を用いた。

解析には Statview5 を用い、呼吸筋力と各測定項目との関係性について、男女各々に Pearson の相関係数を求めた。有意水準は、危険率5%未満とした。

3-3 結果

表2-5には前項と同様に全体と3グループに分けた各項目の、平均値と標準偏差値を

第2章 呼吸筋の特性

男女別に示した。肺活量と1秒量は、ともにグループの年齢が高くなるにつれ低下の傾向を男女とも同様に認めた。しかし、%肺活量は男女とも若年者群と中年者群はほぼ同じ値で平均値は100%を超えているが、高齢者群は女性が97.8±18.0%、男性が88.3±16.7%と低い値になった。1秒率はグループの年齢が高くなるにつれ、男女とも若干低下する傾向を認めた。

表2-6に、PI_{max} および PE_{max} と各項目との相関係数を示した。女性はPI_{max} とPE_{max} とともに、肺活量、%肺活量、1秒量および1秒率の全項目と相関関係を認めた ($p < 0.01 \sim 0.001$)。しかし男性では、PI_{max} は全項目と相関関係を認めたが ($p < 0.5 \sim 0.001$)、PE_{max} は肺活量、1秒量および1秒率とは相関関係を認めたが ($p < 0.05 \sim 0.01$)、%肺活量とは有意な相関関係は認められなかった。

Table2-5 Means (M) and standard deviations (SD) of spirometry

	sex	Total		Young group (19~39 years)		Middle-aged group (40~64 years)		Elderly group (65 years or older)	
		n	M ± SD	n	M ± SD	n	M ± SD	n	M ± SD
肺活量(l)	F	203	2.49±0.67	30	3.45±0.55	70	2.63±0.51	103	2.11±0.45
	M	137	3.80±0.97	41	4.71±0.55	57	3.88±0.69	39	2.74±0.55
%肺活量 (%)	F	203	102.5±18.5	30	110.4±15.6	70	106.2±18.6	103	97.8±18.0
	M	137	102.8±17.3	41	109.5±11.4	57	108.1±15.4	39	88.3±16.7
1秒量 (l)	F	203	2.00±0.63	30	2.98±0.46	70	2.10±0.43	103	1.65±0.42
	M	137	3.15±0.94	41	4.15±0.53	57	3.15±0.54	39	2.10±0.51
1秒率 (%)	F	203	80.2±9.0	30	86.7±6.4	70	80.5±7.8	103	78.0±9.5
	M	137	82.0±9.0	41	88.0±5.5	57	81.5±7.7	39	76.5±10.0

F: Female, M: Male

Table2-6 Correlation between respiratory muscle strength and physical characteristics

	sex	n	PI _{max}	PE _{max}
肺活量	F	203	0.392 ***	0.4 ***
	M	137	0.393 ***	0.217 *
%肺活量	F	203	0.352 ***	0.317 ***
	M	137	0.299 ***	0.153 ns
1秒量	F	203	0.404 ***	0.414 ***
	M	137	0.386 ***	0.249 **
1秒率	F	203	0.209 **	0.252 ***
	M	137	0.198 *	0.24 **

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001, ns: no significant

4. 考察

呼吸筋力は複数の呼吸に関与する筋をまとめて、口腔内圧として測定するものであり、その筋は胸郭および腹部を構成し起始と停止は肋骨、脊柱、骨盤が主である。これらの呼吸筋特性について、身体組成との関係からみると、呼吸筋力と身長および体重との間に有意な相関関係が認められたことは、体格の影響が関与していると考えられた。吸気筋の主となる横隔膜の筋量は、体重との間に相関関係があると報告されているが³⁾、体重は筋量と必ずしも相関関係があるとはいえないため、単なる体重ではなく筋重量を反映している除体脂肪体重との関係性について検討した。COPD患者において、栄養状態や除脂肪体重と呼吸筋力との関係性が高いことが報告されており⁴⁻⁶⁾、平岩ら⁷⁾は入院中の患者を対象にした研究で、上腕筋囲、上腕筋面積および除脂肪体重とも相関関係を認め、呼吸筋力と栄養状態との関連性があることも報告している。本研究結果も除脂肪体重は男女とも呼吸筋力と有意な相関関係が認められ、さらに男性では体脂肪率とは相関関係を認めなかったことから、呼吸機能に問題のない場合でも、筋重量と呼吸筋力との関係性が高いことが示された。

呼吸筋力と運動機能との関係では運動要素のなかで、握力、足踏みテスト、座位ステップテスト、開眼片脚立位時間と相関関係が認められ、筋出力に関係性が高いことがわかった。中高年者を対象とした、種々の運動機能との関係性の検証においても⁸⁾、

第2章 呼吸筋の特性

PI_{max} と PE_{max} が相関関係を認めた項目は、握力、垂直跳び、20m シャトルラン、足踏みテスト、全身反応時間であった。柔軟性の評価である長座位体前屈と、平衡機能評価である閉眼片脚立位時間は、PI_{max} と PE_{max} とともに相関関係が認められなかった。つまり呼吸筋力と関係性があった運動機能は、筋力、瞬発力、敏捷性、全身持久力の体力要素であり筋の特性に起因する要素が高い内容であることから、呼吸筋力は筋力要素との関係性が高いと考えられた。平岩ら⁷⁾は、呼吸筋力と握力、下肢筋力として大腿四頭筋筋力との相関関係があると報告している。また鈴木ら⁹⁾は呼吸筋力を予測する因子として形態計測と握力を測定し、PI_{max} は握力が男女とも予測変数として検出し、PE_{max} については男性が握力のみが、女性では握力と体重が予測変数として検出している。これらの報告は、今回の結果を支持する内容であり、前述の身体組成との関係性や運動機能との関係性より、骨格筋量が呼吸筋力を規定していることが示唆された。

呼吸器疾患は、%肺活量が80%を下回ると拘束性換気障害、1秒率が70%を下回ると閉塞性換気障害と判断される。また1秒量は加齢によって減少していくが、1.50以上では日常生活には影響がないとされている¹⁰⁾。これらの項目の測定結果より、本研究のほとんどの対象者は、呼吸機能に問題がなかったと判断できる。

呼吸筋力と肺機能との関係性をみると、肺活量、1秒量および1秒率と正の相関関係が認められた。%肺活量が男性においてPE_{max} と相関関係が認められなかったことは、%肺活量が年齢や性別および身長を補正した数値であることが影響しているかもしれないが、詳細な理由を追求するデータとして不十分であった。呼吸筋力と肺気量と関係性が高いことについては前述したが¹¹⁾、今回の結果からも呼吸筋力は肺活量、1秒量と非常に関係性が高く、呼吸機能に問題のない対象者において、呼吸筋力と肺機能との関係性の重要性について確認することができた。

5. まとめ

呼吸筋力の特性を、身体組成および運動機能および肺機能との関係性から明らかにするため、呼吸器疾患のない345名を対象に検討した。

呼吸筋力は筋量を反映する除脂肪体重や、筋力に関係性が高い運動機能の体力要素と

第2章 呼吸筋の特性

関係性が高く、骨格筋量が呼吸筋力を規定していることが示唆された。さらに、呼吸機能に問題のない対象者において、呼吸筋力と肺機能との関係性の重要性について確認することができた。

第3章 呼吸筋力と年齢の関係および呼吸筋力の性差

1. 目的

呼吸筋力が加齢に伴いどのように変化するか、および性別による呼吸筋力に違いがあるかについて検討した。

2. 対象および方法

対象は前章と同様の、呼吸器疾患を有さない345名で、女性206名と男性139名である。平均年齢は、女性 61.2 ± 18.1 歳（19～92歳）、男性 52.2 ± 21.6 歳（19～89歳）である。

呼吸筋力は、 P_{Imax} および P_{Emax} を測定した。呼吸筋力と年齢との関係性と、呼吸筋力の性差について検討した。

解析には Statview5 を用い、 P_{Imax} および P_{Emax} と年齢との関係性について、男女各々に Pearson の相関係数を求めた。呼吸筋力の男女間の差の比較には、対応のない t 検定を用い検討した。有意水準は、すべて危険率5%未満とした。

3. 結果

年齢と P_{Imax} との相関係数は、女性は -0.339 ($p < 0.001$)、男性は -0.402 ($p < 0.001$) であり、 P_{Emax} との相関係数は、女性は -0.386 ($p < 0.001$)、男性は -0.222 ($p < 0.01$) であり、加齢に伴い低下することが認められた。 P_{Imax} および P_{Emax} それぞれについて、図3-1には女性、図3-2には男性の呼吸筋力と年齢との関係性を示した。呼吸筋力の加齢変化をみると、青年期での変化はあまり認めないが50歳頃より低下していく傾向があり、特に高齢期では低下が顕著であった。この現象は、男女とも同じ傾向がみられた。

呼吸筋力の性差に関し、 P_{Imax} は女性が $59.4 \pm 20.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、男性が $90.4 \pm 29.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ であり、有意に男性が高い値を示した ($p < 0.001$)。 P_{Emax} は女性が $64.2 \pm 21.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、

第3章 呼吸筋力と年齢の関係および呼吸筋力の性差

男性が $110.7 \pm 38.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ と、同様に有意に男性が高い値を示した ($p < 0.001$)。

前章と同様に対象者を3グループに区分し、19～39歳を若年者群、40～64歳を中年者群、65歳以上を高年齢者群とし、性差を比較し図3-3には PI_{\max} を、図3-4には PE_{\max} の結果を示した。若年者群は71名で女性30名 (24.4 ± 6.4 歳)、男性41名 (22.6 ± 4.7 歳)、中年者群は128名で、女性70名 (57.3 ± 5.8 歳)、男性58名 (57.0 ± 7.1 歳)、高年齢者群は146名で女性106名 (74.3 ± 6.1 歳)、男性40名 (75.4 ± 6.7 歳)であった。 PI_{\max} および PE_{\max} とも3グループすべて男性が有意に高い値を示した ($p < 0.001$)。

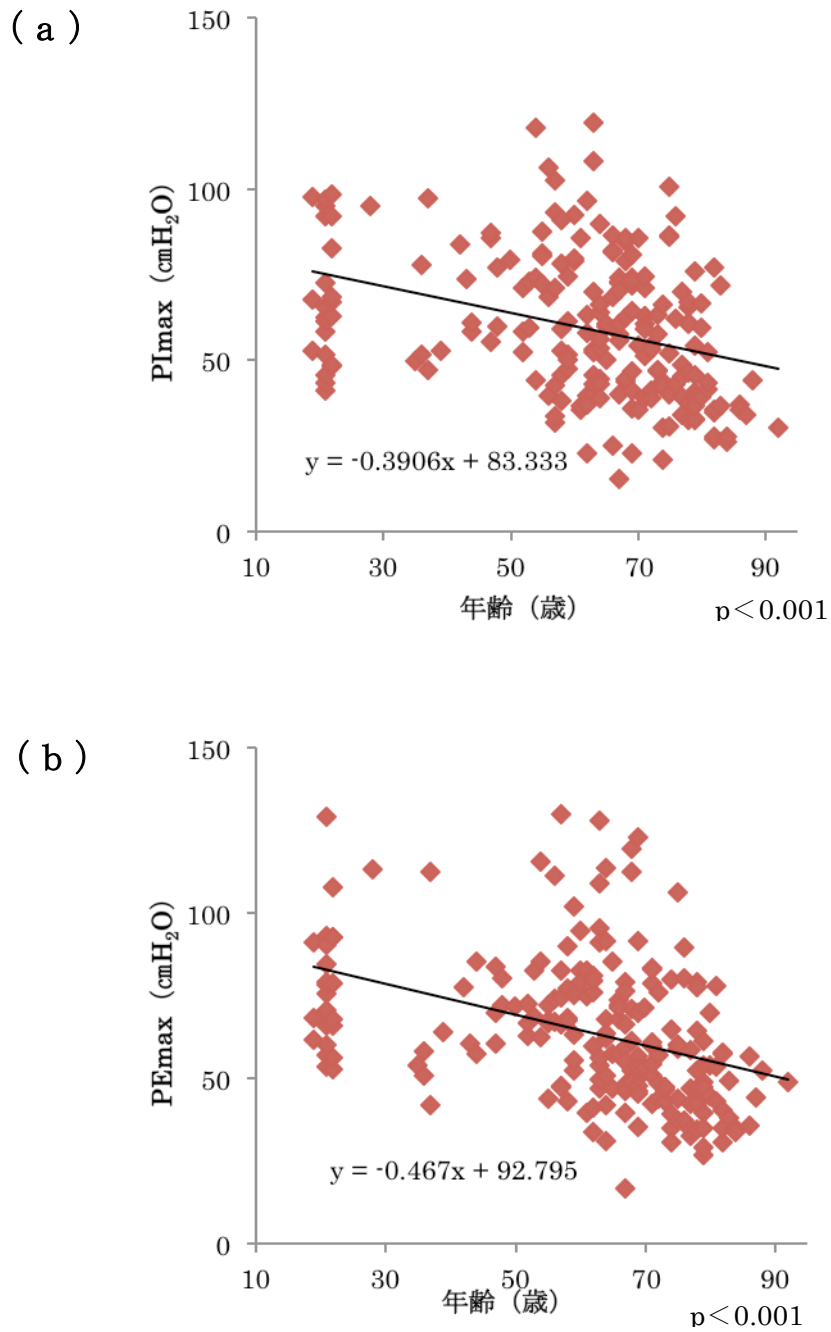


図 3-1 呼吸筋力と年齢の関係 [女性]

(a) : PImax (b) : PEmax

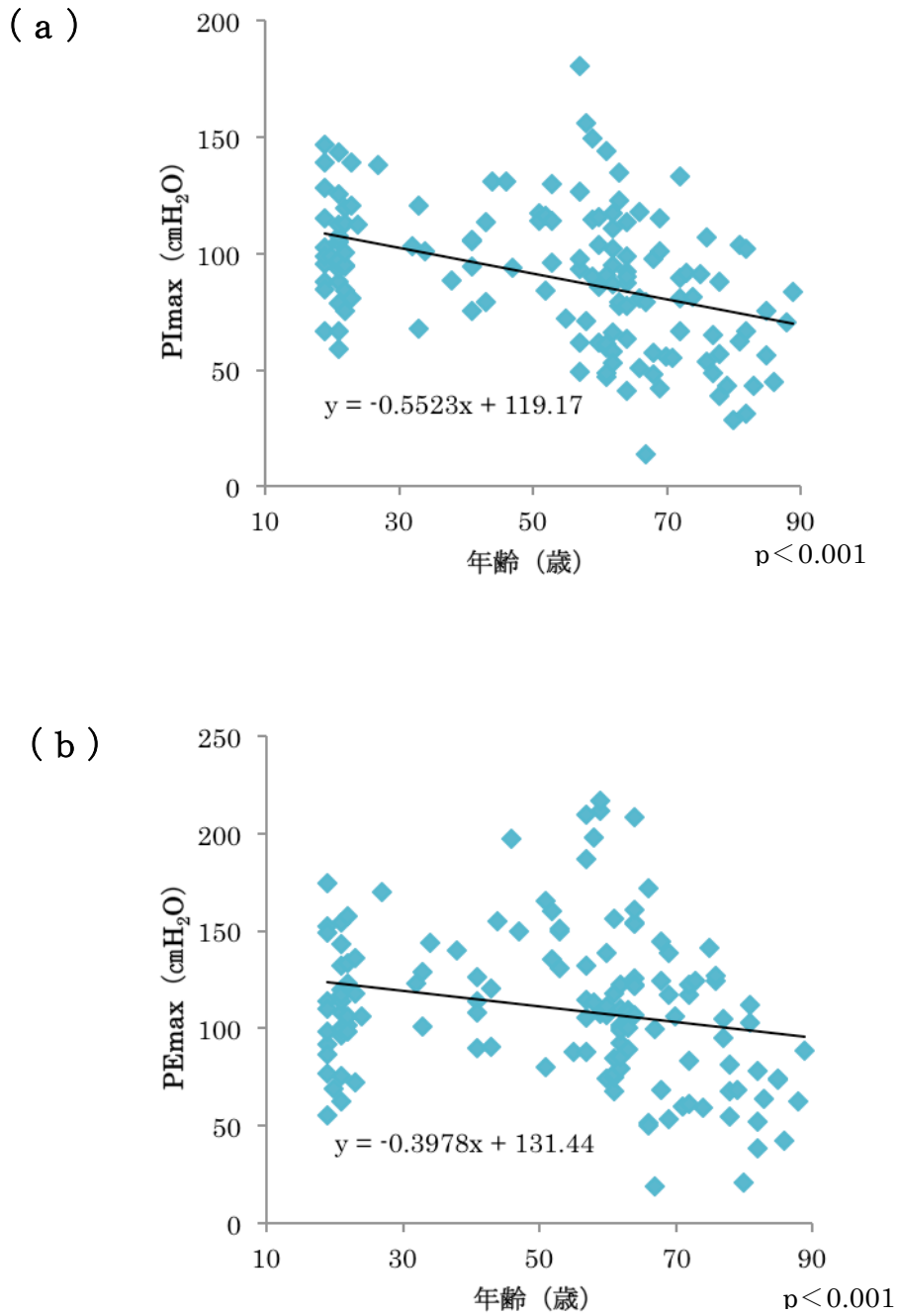
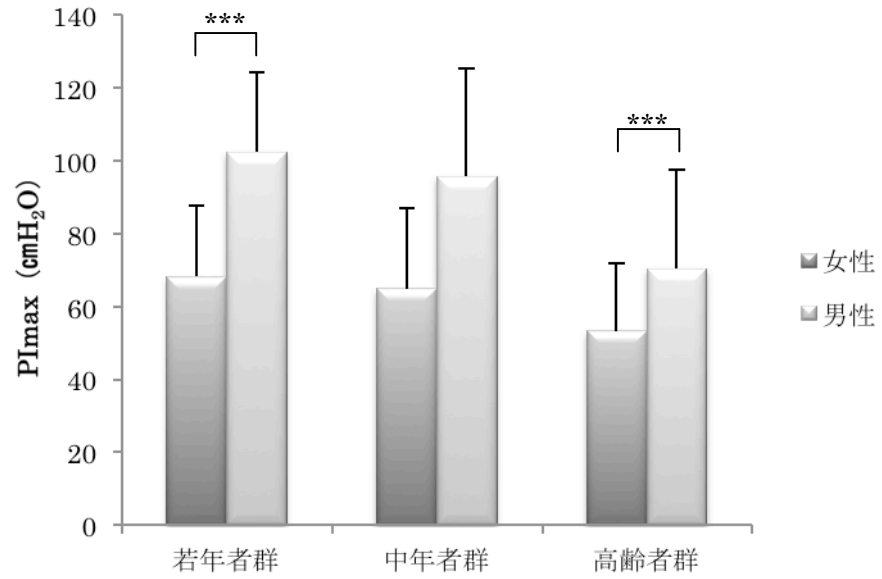


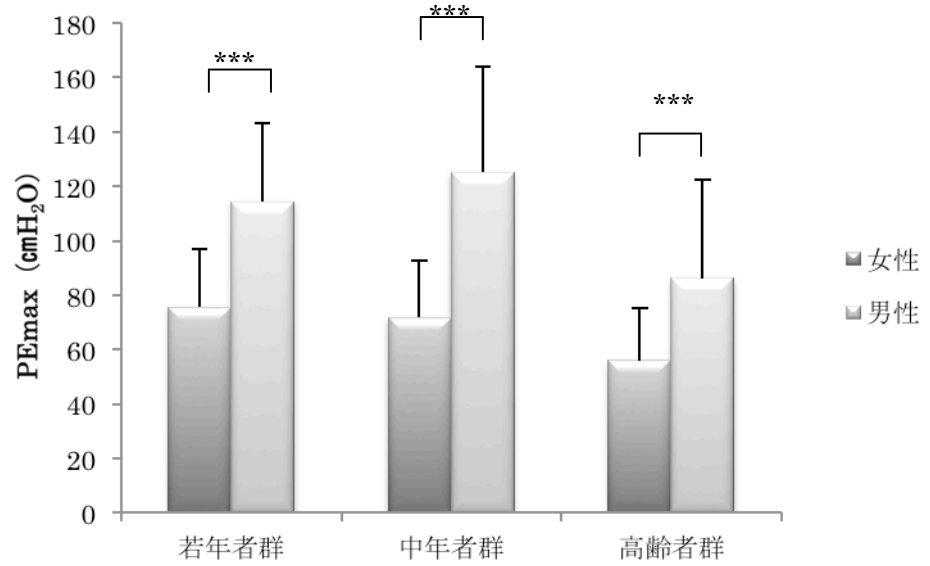
図 3-2 呼吸筋力と年齢の関係 [男性]

(a) : PImax (b) : PEmax

(a)



(b)



*** : p < 0.001

図 3-3 呼吸筋力の男女差

(a) : PImax (b) : PEmax

4. 考察

呼吸筋力の加齢変化について、吸気筋力、呼気筋力とも加齢に伴い低下することが報告されている¹⁶⁾。Blackら¹⁾は55歳までは明らかな呼吸筋力の低下は認められないが、さらに年齢が進むと呼吸筋力は低下し55歳にcritical pointがあることを指摘した。

本研究では、男女とも各年代においてばらつきはあるものの加齢に伴い低下を認め、その変化は高齢期において顕著であった。加齢に伴い骨格筋の萎縮は生じ、呼吸筋力も同様に低下が生じるといわれ、体重と横隔膜の筋肉量は正の相関を示すと報告されている⁷⁾。すなわち呼吸筋力の加齢に伴う変化は、骨格筋量や体格に影響を受けることを反映していると考えられる。欧米人とアジア系民族と呼吸筋力を比較した研究^{8,9)}では、人種により呼吸筋力に差があり、欧米人が呼吸筋力値は大きかったという報告からも、体格差の与える影響は大きいことがわかる。性差についても女性と比較して男性の呼吸筋力は有意に高値を示し、骨格筋量の差が呼吸筋力の差に反映されたと考える。呼吸筋力の値が各年齢層でのばらつきがあることについては、鈴木ら¹⁰⁾も述べているように、呼吸筋力が加齢による機能的な変化だけでなく、個体の形態や運動機能の違いにより規定される可能性が考えられる。前章の結果にあるように、筋力を主とする体力要素の影響が大きいことが推測できた。

5. まとめ

呼吸筋力の加齢による変化と性差について、呼吸器疾患のない345名を対象に検討した。

呼吸筋力は加齢に伴い低下することが認められ、男性が女性より呼吸筋力が大きいことを確認した。また、呼吸筋力は男女差のあることから、全身の骨格筋量や体格による影響が強いことが示唆された。

第4章 高齢者における呼吸筋力低下要因

1. 呼吸筋力低下と加齢変化に対し運動習慣がおよぼす影響

1-1 目的

目的は高齢女性を対象に、高齢期までの運動習慣が呼吸筋力におよぼす影響について明らかにすることとした。

1-2 対象および方法

対象は呼吸器疾患のない高齢女性 91 名で、平均年齢は 73.5 ± 5.5 歳である。

呼吸筋力として P_Imax および P_Emax を測定し、肺機能として肺活量、%肺活量、1 秒量および 1 秒率を測定した。身体計測として身長、体重、体脂肪率を測定した。体脂肪率測定にはデュアル周波数体組成計 (DC-320 タニタ社製) を使用し、計算により除脂肪体重を算出した。過去の運動習慣とその内容について、アンケート調査を行ない運動習慣のある群 (有群) とない群 (無群) に分けて各項目を比較検討した。

2 群間の比較には、対応のない t 検定を用い、危険率は 5%未満とした。

1-3 結果

運動習慣の有群は 65 名、無群は 26 名であった。平均年齢は有群が 72.2 ± 5.0 歳、無群は 76.7 ± 5.5 歳であり、有群が有意に低い年齢であった ($p < 0.001$)。対象者の身体特性について表 4-1 に示したが、2 群間で有意差が認められた項目はなかった。

呼吸筋力の 2 群間の比較を表 4-2 に示したが、P_Imax の平均値は有群が 59.1 ± 16.5 cm H₂O、無群は 46.0 ± 18.3 cm H₂O であり、有群が有意に高い値であった ($p < 0.01$)。P_Emax の平均値は、有群は 62.2 ± 19.3 cm H₂O、無群は 50.0 ± 16.0 H₂O であり、同様に有群が有意に高い値であった ($p < 0.01$)。

図 4-1 は、P_Imax および P_Emax の有群と無群の違いについて、年齢との関係性を加えて表示した。グラフからは P_Imax および P_Emax の両方において、有群と無群ともに加齢に伴い低下していることがわかる。

第4章 高齢者における呼吸筋力低下要因

肺活量は有群が $2255.3 \pm 444.0\text{ml}$ 、無群は $1973.1 \pm 405.0\text{ml}$ であり有群が有意に高い値を認めた ($p < 0.01$)。%肺活量は有群が $102.6 \pm 17.4\%$ 、無群が $93.5 \pm 17.0\%$ であり有群が有意に高い値を認めた ($p < 0.05$)。1秒量は有群が $1767.3 \pm 412.3\text{ml}$ 、無群が $1560.0 \pm 373.6\text{ml}$ であり有群が有意に高い値を認めた ($p < 0.05$)。しかし、1秒率は有群が $79.0 \pm 9.3\%$ 、無群が $78.9 \pm 6.4\%$ であり有意差は認められなかった (表 4-2)。

表4-1 対象者の身体特性の比較

	運動習慣有群		運動習慣無群		有意差
	n	M ± SD	n	M ± SD	
Age (years)	65	72.2±5.0	26	76.7±5.5	p<0.001
Height (cm)	65	151.5±5.3	26	150.4±6.1	ns
Weight (kg)	65	52.1±8.1	26	49.8±10.7	ns
Body fat percentage (%)	52	31.2±5.2	24	28.5±6.9	ns
Lean body mass (kg)	52	35.8±4.2	24	35.6±4.9	ns

ns: no significant

表4-2 対象者の呼吸筋力および肺機能の比較

	運動習慣有群		運動習慣無群		有意差
	n	M ± SD	n	M ± SD	
PI _{max} (cmH ₂ O)	65	59.1±16.5	26	46.1±18.6	p<0.01
PE _{max} (cmH ₂ O)	65	62.2±19.3	26	48.7±15.5	p<0.01
肺活量(l)	64	2.26±0.44	25	1.97±0.41	p<0.01
%肺活量 (%)	64	102.6±17.4	25	93.3±17.3	p<0.05
1秒量 (l)	64	1.77±0.41	25	1.56±0.37	p<0.05
1秒率 (%)	64	79.0±9.3	25	78.9±6.4	ns

ns: no significant

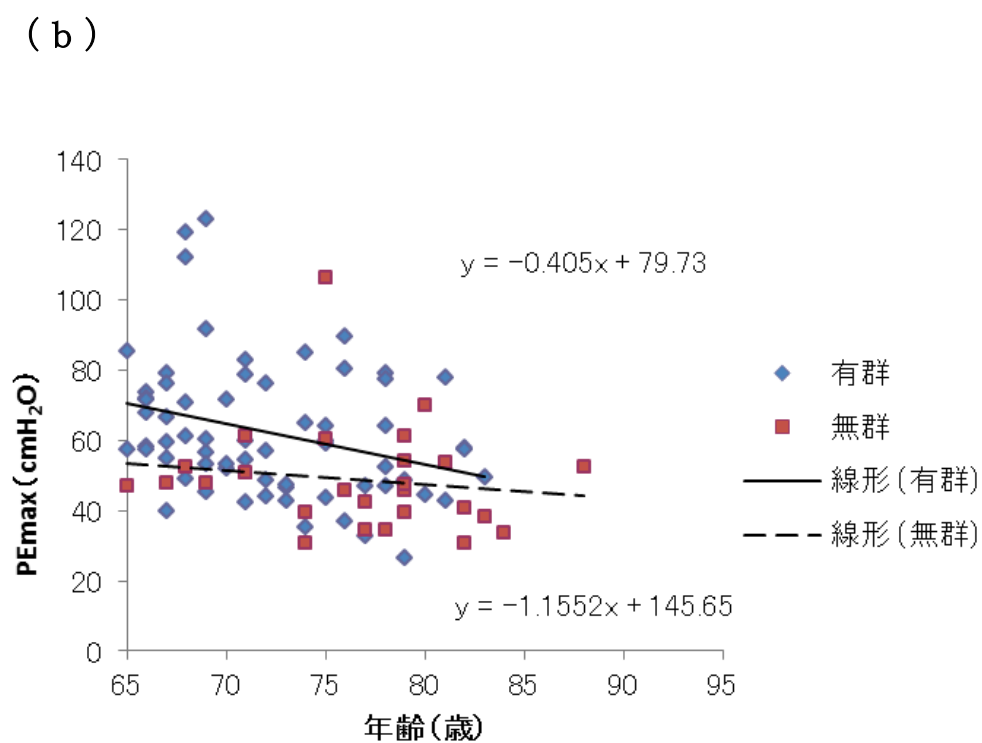
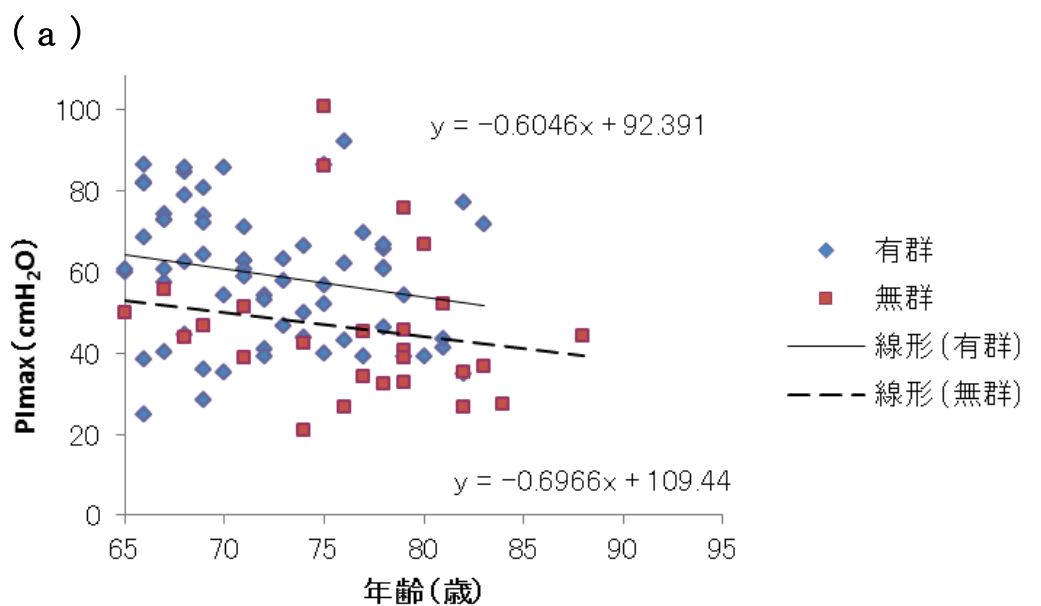


図 4-1 運動習慣の違いからみた呼吸筋力と年齢との関係

(a) : PImax (b) : PEmax

2. 一般高齢者と特定高齢者の呼吸筋力の違い

2-1 目的

高齢者の呼吸機能維持の重要性は論じられているが、介護予防の側面からは具体的な対策がなされていない現状である。特定高齢者は、介護予防のためのスクリーニングである「基本チェックリスト」の回答結果から、要介護認定は受けていないが要支援・要介護状態となるおそれのある者として選別された高齢者である。本研究では、基本チェックリストの運動器の項目に問題があるとして選別された特定高齢者を対象に、呼吸筋力を測定し一般高齢者と比較することで、要介護のリスクの高い高齢者の呼吸筋力特性について明らかにすることを目的とした。

2-2 対象と方法

高齢女性を対象とし、一般高齢者が26名（65～79歳）、特定高齢者が38名（65～79歳）、合計64名である。

身体計測として、身長、体重およびBMIを測定項目とした。運動機能として、筋力の体力要素である握力と足踏みテスト測定を実施した。呼吸筋力はPI_{max}およびPE_{max}を測定し、肺機能として肺活量、%肺活量、1秒量および1秒率を測定した。

一般高齢者と特定高齢者間の各測定結果を、対応のないt検定を用いて比較し、有意水準は5%未満とした。

2-3 結果

2群間の比較を、表4-3に示した。平均年齢は、特例高齢者が一般高齢者より高齢であった（ $p < 0.001$ ）が、身長、体重およびBMIは有意差を認めなかった。

握力（ $p < 0.05$ ）と足踏みテスト（ $p < 0.001$ ）の両方において、特定高齢者が有意に低い値であった。

呼吸筋力は、特定高齢者が一般高齢者より、PI_{max}（ $p < 0.01$ ）およびPE_{max}（ $p < 0.05$ ）とも有意に低い値であった。また、肺活量、%肺活量、および1秒量はすべて特定高齢者が有意に低い値であった（ $p < 0.01$ ）。しかし、1秒率は有意差を認めなかった。

表 4-3 対象者の測定項目の比較

	一般高齢者 n=26	特定高齢者 n=38	有意差
年齢(歳)	69.4±3.5	74.5±3.6	p<0.001
身長(cm)	151.8±4.6	151.3±5.5	ns
体重(kg)	49.7±7.2	51.1±7.5	ns
BMI(kg/m ²)	21.5 _{p.7}	22.3±2.7	ns
握力(kg)	22.9±5.3	20.1±3.7	p<0.05
足踏みテスト(回)	23.2±4.7	16.5±4.5	p<0.001
PI _{max} (cmH ₂ O)	62.1±17.4	50.6±15.7	p<0.01
PE _{max} (cmH ₂ O)	64.6±18.3	52.7±16.2	p<0.05
肺活量(l)	2.41±0.38	2.08±0.39	p<0.01
%肺活量(%)	107.0±14.5	96.4±16.2	p<0.01
1秒量(l)	1.92±0.38	1.59±0.38	p<0.01
1秒率(%)	81.0±7.4	76.4±10.4	ns

ns: no significant

3. 日常生活活動能力と呼吸筋力の関連性

3-1 目的

高齢者の日常生活において、その活動性は個人の能力や環境に左右される。そこで、高齢者の日常生活の活動性の違いにより、呼吸筋力に違いが生じるかについて検証することを目的とした。日常活動能力テストとして、Motor Fitness Scale (MFS) がある。

この評価は、日常生活における動作を用いて、高齢者の潜在的な運動能力を評価する質問紙である^{1,2)}。本研究では、日常生活活動能力と呼吸筋力との関係を明らかにするため、MFSを用い検証した。

3-2 対象と方法

対象は、身辺動作の基本的日常生活活動が自立している高齢女性 77 名 (74.8 ± 5.1 歳) である。

MFS のアンケート調査と、呼吸筋力として PImax および PEmax 測定を行った。また、身体計測として、身長と体重測定も実施した。

MFS は 14 項目の質問から構成される質問票であり、「はい：1 点」「いいえ：0 点」で回答し、14 点満点で評価するものである。得点が高いほど、活動性が高いことをあらわしている (表 4-4)。MFS の合計得点から、対象者を 2 群に分け、0~7 点を低得点群、8~14 点を高得点群とし呼吸筋力を比較した。MFS の得点と、年齢および呼吸筋力との関係性についても検討した。

MFS の得点と、年齢および呼吸筋力との関係については Pearson の相関係数を求め、2 群間の測定値の比較には、対応のない t 検定を用いた。有意水準は、5%未満とした。

3-3 結果

低得点群は 28 名 (76.3 ± 5.9 歳)、高得点群は 49 名 (74.0 ± 4.5 歳) であり年齢の有意差は認められなかった。身長は低得点群が 150.4 ± 6.2 cm、高得点群は 151.1 ± 4.2 cm であり有意差は認められなかった。体重も同様に、 52.3 ± 11.1 Kg と 51.1 ± 7.4 Kg であり有意差は認められなかった。

MFS 得点と、年齢との相関関係性は認められなかった (図 4-2)。MFS 得点と PImax は正の相関関係が認められたが ($r=0.383$ 、 $p<0.001$)、PEmax とは相関関係は認められなかった ($r=0.217$ 、 $p=0.058$) (図 4-3)。

表 4-4 Motor Fitness Scale (MFS)

1. 階段を上がったり、おりたりできる。
2. 階段を上がる時に息切れしない。
3. 飛びあがることができる。
4. 走ることができる。
5. 歩いている他人を早足で追い越すことができる。
6. 30分間以上歩き続けることができる。
7. 水がいっぱい入ったバケツを持ち運びできる。
8. コメの袋 10kg を持ちあげることができる。
9. 倒れた自転車を起こすことができる。
10. ジャムなどの広口びんのふたを開けることができる。
11. 立った位置から膝を曲げずに床に手が届く。
12. 靴下、ズボン、スカートを立ったまま、支えなしにはける。
13. 椅子から立ちあがるとき、手の支えなしで立ちあがれる。
14. ものにつかまらないで、つま先立ちができる。

MFS 得点の 2 群間の比較を、図 4-4 に示した。PI_{max} は、高得点群が 56.3 ± 17.6 cmH₂O、低得点群は 41.6 ± 11.1 cmH₂O であり有意に低値を示した (p < 0.001)。しかし PE_{max} は、高得点群が 59.7 ± 21.8 cmH₂O、低得点群が 50.7 ± 15.1 cmH₂O と有意差はないものの低い傾向を示した (p = 0.056)。

第4章 高齢者における呼吸筋力低下要因

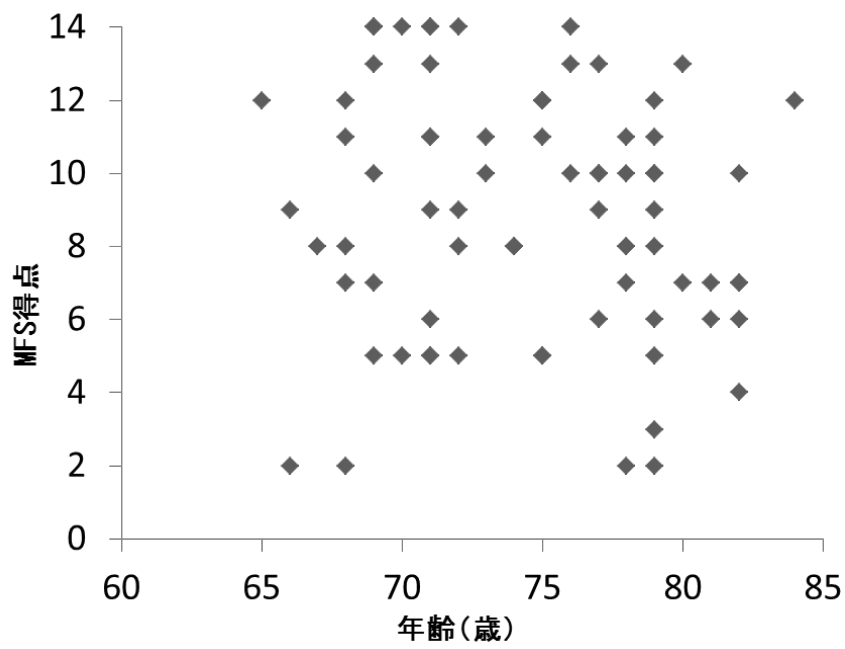
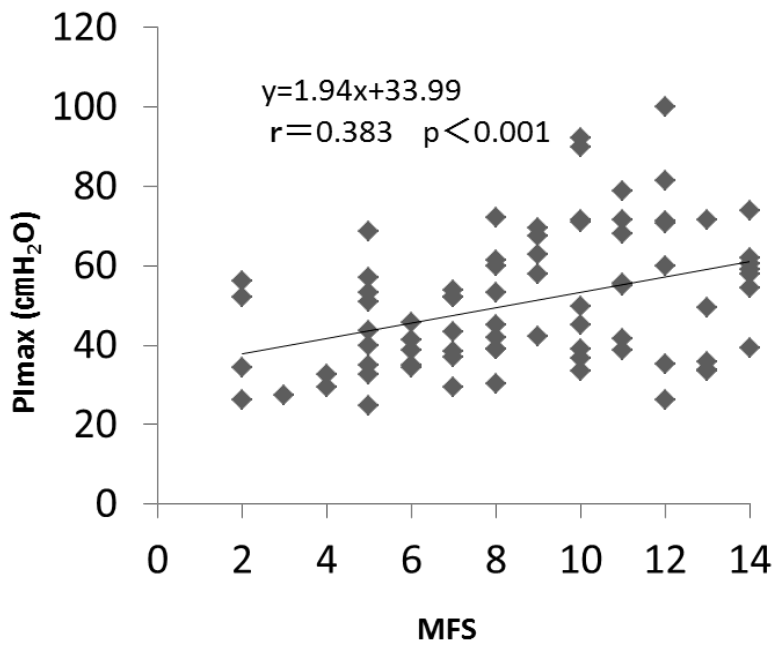


図 4-2 MFS 得点と年齢との関係

(a)



(b)

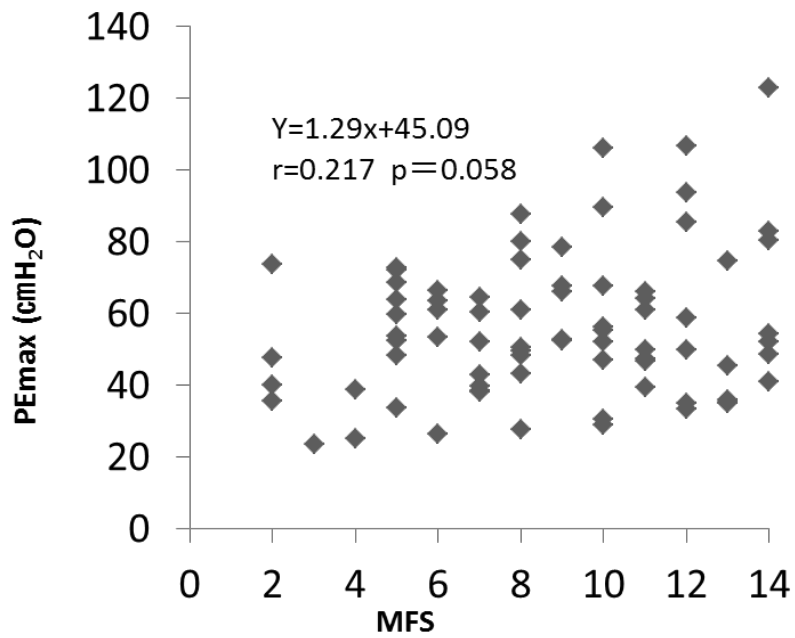


図 4-3 MFS 得点と呼吸筋力との関係 (a) : PImax (b) : PEmax

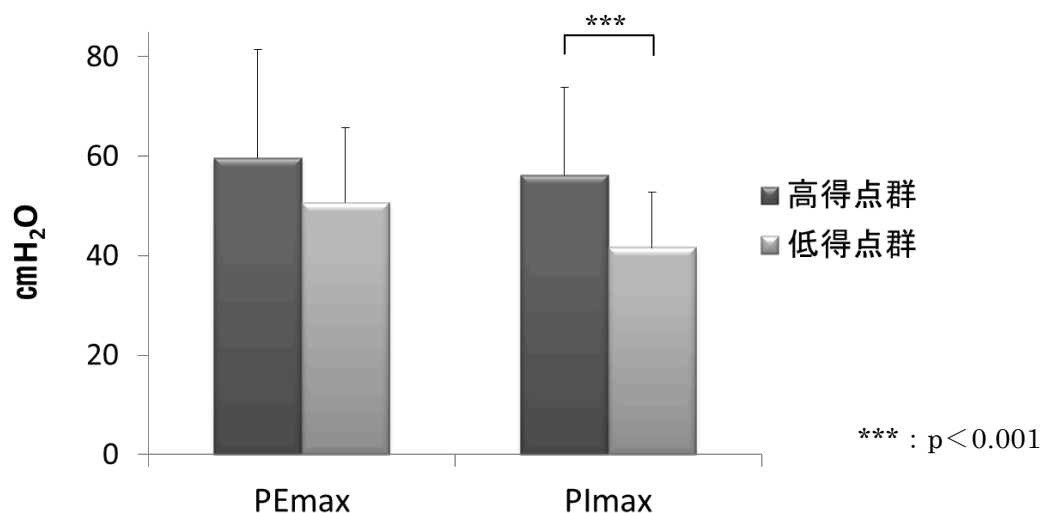


図 4-4 MFS 得点からみた呼吸筋力の比較

4. 考察

COPD などの呼吸器疾患患者では、呼吸筋力は症状の進行とともに減少していくことが知られている³⁻⁶⁾。急速に高齢化が進む今日、COPD は高齢者での罹患率が高くその予防は重要であるといわれており^{7,8)}、呼吸機能低下を引き起こさない高齢期を過ごすことが重要である⁹⁾。しかし、呼吸筋は加齢に伴い低下し、高齢者では姿勢の影響や身体的な変化の影響も大きいといわれている¹⁰⁻¹²⁾。高齢者の身体的な変化は同年代であっても非常にばらつきが大きく、日常生活の活動性も身体的変化に左右され、生活習慣の影響もあると考えられる。呼吸筋力が生活習慣によりどのような関係性があるか検証するため、運動習慣の影響について検討した。運動習慣のあった高齢者は、なかった高齢者より PImax および PEmax は高い値であり、肺活量や 1 秒量も高い値であった。運動習慣のある者は、運動習慣のない者より肺活量や 1 秒量が高いという報告¹³⁾がある。また、COPD の患者であるが、PImax は歩行可能な距離と相関関係が高いという報告¹⁴⁾や、歩行速度は呼吸筋力と相関関係が高いという報告がある¹⁵⁾。本研究での対象者はウォーキングなど全身運動を実施していた高齢者が多くその結果、呼吸筋力の低下が抑えられたのではないかと考える。

第4章 高齢者における呼吸筋力低下要因

要介護状態になるリスクの高い特定高齢者においても、一般高齢者と比較して PI_{max} および PE_{max} の両方とも低い値であった。両群の身長や体重および BMI は有意差を認めなかったが、筋力要素である握力と足踏みテストも特定高齢者が一般高齢者より低くかった。特定高齢者の%肺活量と1秒率は、一般高齢者より低いものの両群とも正常範囲内であった。よって、虚弱な高齢者では肺活量や1秒量が正常範囲内であっても、呼吸筋力が低下している可能性が示唆された。

日常生活の活動性を示す MFS は、移動性、筋力、平衡性の3つの体力要素を考慮して作成され¹⁾、MFS 得点が高いほど、日常生活の活動性が高いことをあらわしている。MFS の評価からみた活動性の程度と、 PI_{max} の強さに関係性があることが示された。高齢者では、MFS の得点と歩行速度との相関関係は高いことがわかっており¹⁶⁾、MFS 得点が高いことは歩行能力も高いことにつながる。重症の COPD 患者では吸気筋力が、運動能力と関係性が高いことがわかっている¹⁴⁾。生理学的な観点からも、安静呼吸では吸気筋力は胸郭を広げ吸気に働くが、呼気は吸気筋の弛緩によって呼出が行われることから、日常生活で働くのは吸気筋が多くなるため吸気筋の重要性が高いことが考えられる。本結果からも日常生活が自立している高齢者において、吸気筋が日常の活動性を構築する要因の1つであることが示唆された。

5. まとめ

呼吸機能に問題のない高齢者における、呼吸筋力を低下させる要因を明らかにするため、生活習慣として運動習慣が与える影響や、一般高齢者と特定高齢者の比較、および日常生活の活動量と呼吸筋力の関係について検証した。

ウォーキングなどの全身運動習慣が、呼吸筋力の低下を抑制する可能性が示唆された。要介護状態になるリスクの高い高齢者や、日常生活活動能力の低い高齢者では、肺活量や1秒量が正常範囲内であっても呼吸筋力が低下している可能性が示された。また、吸気筋力が、日常生活の活動性を構築する要因の1つであることが示唆された。

第5章 高齢者の転倒リスクからみた呼吸筋力低下

1. 目的

高齢者において筋力低下は、日常生活活動（activities of daily living ; ADL）の低下や行動範囲の狭小化につながる要因の一つであり、要介護状態を引き起こすリスクでもある。加齢にともなう筋力低下は、呼吸筋にも同様に起こると考えられ、呼吸器に問題のない一般高齢者においても、呼吸筋力の低下が要介護状態につながるリスクの一要因となり得る可能性が危惧される。そこで介護予防の観点から、リスク要因の指標として転倒リスクとの関係から、呼吸筋力が活用できるかについて検討することを目的とした。

2. 対象と方法

対象は、呼吸器疾患がなく転倒に影響のある運動器疾患のない、高齢女性 89 名（65～87 歳）である。

身体計測として、身長、体重および BMI を測定項目とした。運動機能として、筋力の体力要素である握力と足踏みテスト測定を実施した。呼吸筋力は P_Imax および P_Emax を測定し、肺機能として肺活量、%肺活量、1 秒量および 1 秒率を測定した。日常生活でつまずきがあることは転倒リスクの 1 つとなり¹⁾、対象者に転倒リスク要因としてつまずきの有無についてアンケート調査を実施した。

対象者をつまずきのあると回答した者を有群、ないと回答した者を無群に分け、2 群間で測定値を比較検討した。また対象者を、前期高齢期と後期高齢期に区分し、同様に有群と無群で比較検討した。

2 群間の測定値の比較には、対応のない t 検定を用い、有意水準は 5%未満とした。

3. 結果

つまずきがあると回答した者は 43 名、ないと回答した者は 46 名であった。表 5-1 に対象者をつまずきの有無により 2 群に分け、身体特性および測定項目の比較結果を示した。

第5章 高齢者の転倒リスクからみた呼吸筋力低下

両群間に、年齢および身体特性について有意差は認めなかった。PI_{max} と足踏みテストが、無群が有意に低い値であった ($p < 0.05$) が、その他の項目は有意差が認められなかった。

さらに、前期高齢期と後期高齢者期に区分し検討した結果、前期高齢期でつまずきがある者は26名、ない者は23名で、後期高齢期ではつまずきがある者は17名、ない者は23名であった。表5-2に前期および後期高齢期で、つまずきの有無による各測定項目の比較結果を示した。呼吸筋力は、後期高齢期では、PI_{max} とPE_{max} ともにつまずきの有る群が有意に低い値を示したが ($p < 0.01$)、前期高齢期では有意な差は認められなかった。肺機能測定では、肺活量、%肺活量、1秒量、および1秒率のすべてにおいて、両群間に有意な差は認められなかった。足踏みテストの結果は、有群が前期高齢期において有意に低い値を示したが ($p < 0.01$)、握力の有意差は認められなかった。

表5-1 つまずきの有無による測定値の比較

	つまずき有 n=43	つまずき無 n=46	
年齢(歳)	73.7±6.2	73.9±5.7	
身長(cm)	152.1±5.2	150.3±5.2	
体重(kg)	52.8±9.45	50.4±9.0	
BMI	22.8±3.6	22.3±3.6	
肺活量(ℓ)	2.20±0.45	2.16±0.41	
%肺活量(%)	100.5±17.0	100.0±16.2	
1秒量(ℓ)	1.73±4.0	1.69±0.40	
1秒率(%)	79.0±8.7	79.1±9.2	
PE _{max} (cm H ₂ O)	58.0±21.0	64.9±23.0	
PI _{max} (cm H ₂ O)	53.2±18.7	61.8±19.7	*
握力(kg)	20.7±4.8	22.6±4.9	
足踏み(回/10秒)	18.8±6.0	20.6±3.8	*

* $p < 0.05$

表5-2 前期・後期高齢期に分けたつまずきの有無による測定値の比較

	前期高齢女性		後期高齢女性		
	つまずき有 n=26	つまずき無 n=23	つまずき有 n=17	つまずき無 n=23	
年齢(歳)	69.3±2.6	69.0±2.4	80.5±3.3	78.8±3.1	
身長(cm)	152.7±6.1	152.7±4.8	151.2±3.5	147.9±4.6	
体重(Kg)	55.8±9.3	50.0±5.4	48.2±7.8	50.7±11.6	
BMI(Kg/m ²)	23.9±3.6	21.5±2.2	21.0±2.9	23.1±4.5	
肺活量(ℓ)	2.36±0.44	2.34±0.41	1.96±0.36	1.97±0.31	
%肺活量(%)	104.2±17.2	103.4±16.8	94.7±15.5	96.4±15.2	
1秒量(ℓ)	1.89±0.38	1.82±0.46	1.50±0.31	1.56±0.29	
1秒率(%)	80.3±7.6	79.4±10.5	76.9±9.9	78.8±7.9	
PEmax(cmH ₂ O)	67.2±22.0	70.5±25.7	44.0±7.3	59.2±19.0	**
PImax(cmH ₂ O)	61.2±17.8	64.9±19.0	41.0±12.8	58.6±20.3	**
握力(kg)	21.8±5.1	24.8±5.3	19.0±3.8	20.5±3.4	
足踏み(回/10秒)	19.4±2.8	21.9±3.0	17.9±5.3	19.3±4.0	**

** p<0.01

4. 考察

一般高齢者では、高いQOL (quality of life) や健康維持のため、転倒しない運動機能維持は重要である。転倒要因の一つに筋力低下があげられ、呼吸筋力低下が転倒要因としてまた要介護のリスク要因の指標として活用できるかについて、高齢女性を対象に検討した。転倒リスクの1つにつまずきがあり^{1,2)}、つまずきのある高齢者を要介護状態になるリスクがある群とし、各測定項目でつまずきの有無による測定値の有意差を検討した。

これまで、つまずきの有無で転倒リスク要因を、前期と後期高齢期に分けて検討し前期高齢期では筋力要素は有意差を認めたが、後期高齢期では両群とも低下を認め有意差を認めるに至らず、後期高齢期には運動機能全般に低下を認め転倒リスクがすべての高齢者で高くなることがわかっている²⁾。今回の結果も同様に、足踏みテストが前期高齢期ではつまずきのある群が低いものの、後期高齢期では有意差を認めなかった。また、肺機能測定では両群ともに、前期、後期高齢期ともすべて有意差を認めなかった。しか

し、呼吸筋力は前期高齢期では有意差がないものの、後期高齢期ではつまずきのある群が有意に低い値であった。高齢者に限らず円背など脊柱の変形も呼吸筋力の低下を引き起こすという報告があり³⁻⁵⁾、高齢に伴う胸郭の可動性の低下など構築学的な変化の影響が高齢者にはあると考えられる。さらに呼吸筋や呼吸補助筋は換気運動だけでなく、姿勢制御に関与する筋でもあり⁶⁾、呼吸筋力が低下することは姿勢制御能力にも機能障害をきたすことが推測される。よって呼吸筋力の低下が進行する後期高齢期では、より低値の呼吸筋力の者は姿勢制御として働く呼吸筋の役割も低下し、つまずきの発生につながったのではないかと推測される。つまり後期高齢期において、四肢の筋力で検出できない運動機能要素の転倒リスクについて、呼吸筋力は検知できる可能性があることが示唆された。

そこで後期高齢女性を対象に、 PI_{max} と PE_{max} の転倒リスク閾値について検討した。図5-1には、後期高齢女性の PI_{max} と PE_{max} の関係を示した。つまずきのある者は PI_{max} と PE_{max} ともに $50\text{cmH}_2\text{O}$ 未満の領域に多く、両方が $50\text{cmH}_2\text{O}$ を下回ったつまずきのある者は12名(70.6%)であった。この領域外の花つまずきのある者では、 PI_{max} もしくは PE_{max} が $50\text{cmH}_2\text{O}$ を下回っていた。これらのことから後期高齢女性の転倒リスク閾値は、 PI_{max} 、 PE_{max} のいずれかあるいは両方が $50\text{cmH}_2\text{O}$ 未満と考えられる。

体力測定として握力や足踏みテストが測定できない場合でも、呼吸筋力を評価することで呼吸器疾患を持たない後期高齢期女性において、肺機能や握力および足踏みテストの筋力テストでは感知できない転倒リスクについて感知できる可能性が示唆された。よって呼吸筋力は、要介護状態にいたる予備軍抽出の測定項目として利用できる考える。

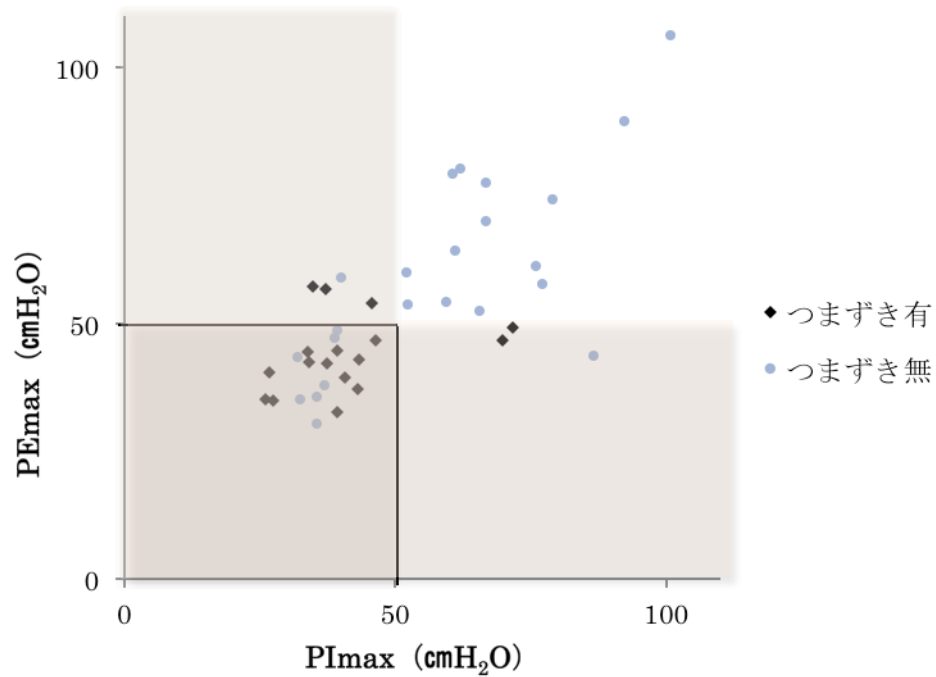


図 5-1 後期高齢女性の PImax と PEmax の関係

5. まとめ

介護予防の観点から転倒リスクとしてつまずきを取り上げ、呼吸筋力が要介護状態になるリスク指標として活用できるかについて検証した。

後期高齢期において、肺機能や握力および足踏みテストの筋力テストでは有意差が認められなかったが、呼吸筋力はいつまずきのある群は有意に低い値であった。よって、簡便に実施できる呼吸筋力を評価することで、呼吸器疾患のない後期高齢期女性において転倒リスクについて感知できる可能性があり、呼吸筋力は要介護状態にいたる予備軍抽出の測定項目として利用できることが示唆された。さらに転倒リスク閾値として、PImax、PEmax のいずれかあるいは両方が 50cmH₂O 未満と考えられた。

第6章 運動実施による呼吸筋力の変化

1. 若年者に対する腹筋群トレーニングと呼吸筋力の変化

1-1 目的

呼吸において腹筋群は、呼気のみでなく吸気にも関与するといわれている¹⁾。そこで、強制呼気筋である腹筋群の筋力トレーニングを、3週間行うことが呼吸筋力向上に効果があるかについて検討した。さらに、腹筋群へのトレーニングがおよぼす呼吸筋の筋力変化と、腹筋群の筋力変化と呼吸筋力の変化の関係性について検討した。

1-2 対象および方法

対象は、研究に同意が得られた健常成人男性14名で、平均年齢は 22.2 ± 1.25 歳、平均身長は 171.3 ± 4.41 cm、平均体重は 66.6 ± 5.5 kgであった。

腹筋群トレーニングは背臥位で運動の開始肢位は、図6-1に示したように両上肢を頸部の後で組み、股・膝関節 90° 屈曲位とし測定は壁につけて固定した。運動は、一側の肩甲骨下角が床から離れるように、対側の膝関節に向かって体幹を1秒間で屈曲および回旋し、次の1秒間で開始肢位に戻る動作を、左右交互に実施した。運動強度は最大筋力の50~60%で反復できる回数を1セットとし、1日に2セットを隔日に実施し、3週間継続させた。

呼吸筋力はPI_{max}およびPE_{max}を測定した。腹筋筋力はCybex770（サイベックスジャパン社製）を使用し、体幹の屈曲筋力として測定した。測定肢位は、体幹 30° 屈曲位、膝関節 40° 屈曲位とした。測定した運動は、測定肢位での体幹屈曲の等尺性収縮を15秒間行わせ、5秒間の休息をはさみ5回測定した。5回の測定値のなかで、最大ピークトルク値を測定値として用いた。

PI_{max}、PE_{max}および腹筋筋力を、トレーニング前後で比較検討した。またトレーニング前後でそれぞれの変化率を求め、腹筋筋力の変化とPI_{max}およびPE_{max}の変化との関係性について検討した。

測定項目のトレーニング前後の比較には、対応のあるt検定を用い比較した。腹筋筋



図 6-1 腹筋群トレーニングの方法

力と呼吸筋力との変化率の関係性については、Pearson の相関係数を求めた。各々の有意水準は 5%未満とした。

1-3 結果

3 週間のトレーニング後の変化を、図 6-2 に示した。PI_{max} は $121.0 \pm 38.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ から $133.8 \pm 41.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ に、PE_{max} は $164.6 \pm 45.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ から $191.1 \pm 53.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ に有意な増加が認められた ($p < 0.01$)。腹筋筋力は $181.3 \pm 28.171 \text{ Nm}$ から $193.6 \pm 23.4 \text{ Nm}$ に増加の傾向を示したが、有意差は認められなかった ($p = 0.055$)。

トレーニング前後の変化率の平均値は、PI_{max} が $111.2 \pm 12.9\%$ 、PE_{max} が $116.9 \pm 14.1\%$ 、腹筋筋力が $108.1 \pm 13.2\%$ であった。腹筋筋力の変化率と PE_{max} および PI_{max} の変化率との相関係数を、表 6-1 に示したが、いずれも有意な相関関係は認められなかった。

1-4 考察

健常成人を対象にした呼気筋トレーニングにおいて、呼気筋のみならず吸気筋力にも効果をもたらすことが報告されている²⁾。また、呼気筋である腹筋群は、呼気のみでなく吸気にも関与するといわれている¹⁾。そこで健康な学生を対象に、腹筋群の筋力トレーニングが呼吸筋力に与える影響を検証した結果、3 週間後に腹筋筋力は増加傾向を示すにとどまったにもかかわらず、PE_{max} だけでなく PI_{max} も増加を認めた。3 週間後

第6章 運動実施による呼吸筋力の変化

のそれぞれの変化率の関係性においても、腹筋筋力と有意な相関関係がなかった。つまり、呼吸筋筋力の改善には腹筋群の筋力トレーニングは有効であるが、腹筋筋力の増大が伴う必要性は低いのではないかと考えられた。

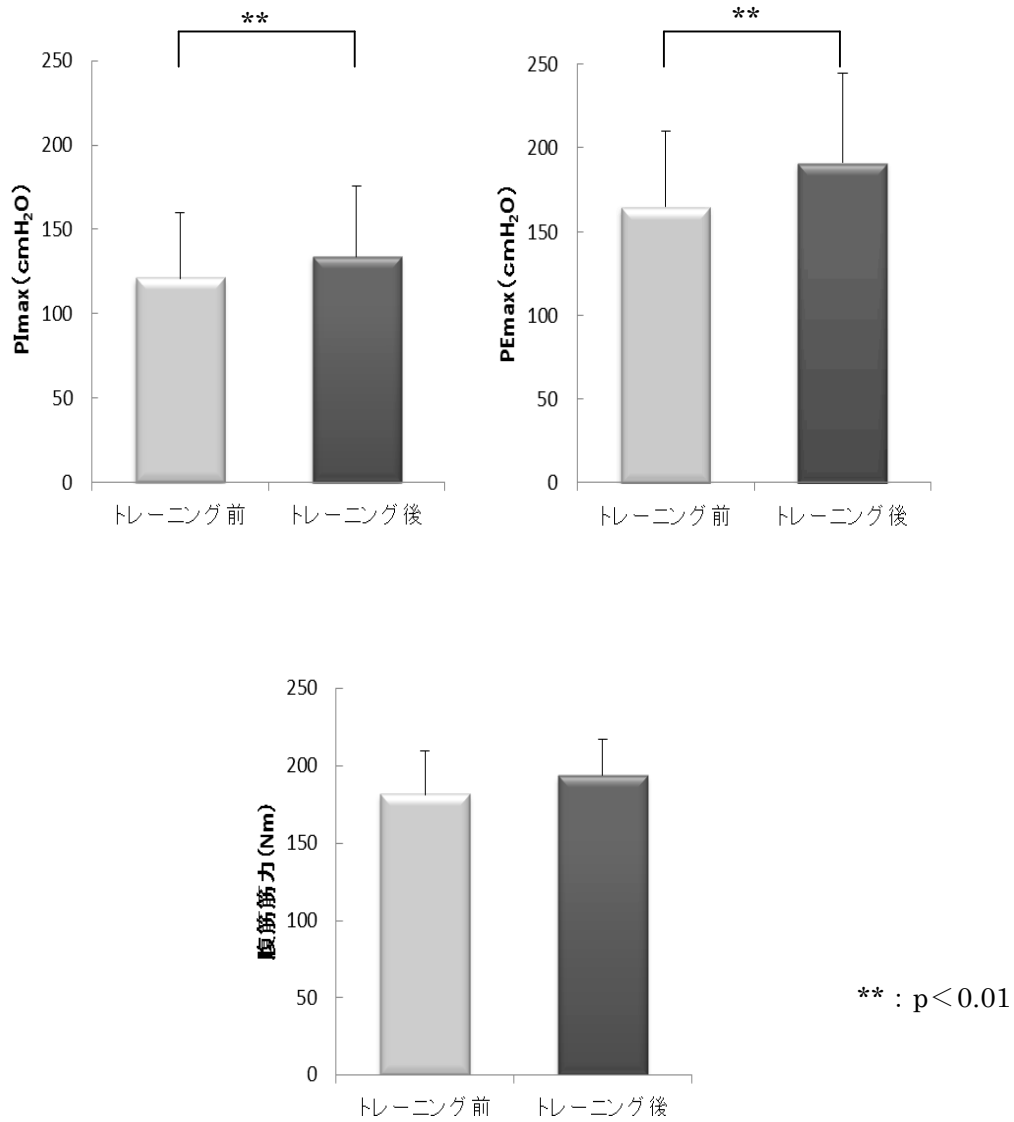


図 6-2 トレーニング前後の測定値の比較

(a) PImax (b) PEmax (c) 腹筋群

表6-1 変化率の相関関係

腹筋筋力		
PI _{max}	0.070	ns
PE _{max}	0.097	ns

ns: no significant

2. 一般高齢者に対するストックウォーキング実施による呼吸筋力の変化

2-1 目的

ストックウォーキングは、通常のウォーキングに比較して上肢の運動が加わるため、酸素摂取量が高くなる。また、支持点が増えることで安定したウォーキングが行うことができ、下肢や腰部への負担を軽減できることから、高齢者にも適した運動形態といわれている^{3,5)}。そこで、介護予防を目的として高齢者に、ストックウォーキングやストックを用いた体操を3ヵ月間実施した。このような全身運動を実施することで、高齢者の呼吸筋力にどのような影響があるか、およびその効果について検討することを目的とした。

2-2 対象および方法

対象は、2009年に滋賀県A町で実施された、高齢者の介護予防を目的とした健康づくり事業に参加した高齢女性14名で、病院で治療中や健康診査などで運動が禁止されている高齢者は除外した。平均年齢は、67.4±1.5歳（65～70歳）であった。

健康づくり事業の期間は3ヵ月で、開始時と終了時に体力測定および問診を行なった。運動内容は、ストックウォーキングやストックを用いた体操を指導し、個人の体力に応じた内容を設定した。運動強度は、ストックウォーキングでは40～50%HR_{max}・reserve、ストックを用いた体操では数種類の内容を個別に選定し、運動時間を1回20～30分程度とした。運動頻度は3～4日/週を目標とするが、実施は個人の意志と体調に任せ、実施状況を運動日誌に記録するよう指示した。

第6章 運動実施による呼吸筋力の変化

運動介入は対象者が集まり集団での実技指導を1回/週と、運動プログラムや実施状況の確認および運動処方修正を1回/月行った。

事業の開始時と終了時には、形態および呼吸機能の測定と生活活動調査を実施した。形態測定項目は、身長、体重、BMI、腹囲、および体脂肪率である。体力測定は、呼吸機能として P_Imax、P_Emax、肺活量、%肺活量、1秒量、および1秒率を測定した。そのほかに握力、垂直跳び、全身反応時間、座位ステッピング、開眼片脚立位時間、身体動揺度、足踏みテスト、および長座位体前屈を測定した。

生活活動調査は、運動習慣や健康観に対する質問と、日常生活の体力について Motor Fitness Scale (MFS) を使用し実施した。

データ解析は、開始時と終了時の測定値を対応のある t 検定を用いて比較し、有意水準は5%未満とした。

2-3 結果

表 6-2 に、開始時と終了時の各項目の変化について示した。身長、体重、BMI、および腹囲は有意な変化を認めなかったが、体脂肪率は $29.5 \pm 3.1\%$ から $30.4 \pm 3.2\%$ へと増加を認めた ($p < 0.05$)。

体力測定の変化は、握力および垂直跳びは有意な増加が認められたが ($p < 0.05$)、足踏みテストは有意な減少を認めた ($p < 0.01$)。そのほかの項目については、有意な変化が認められなかった (表 6-2)。

呼吸機能の変化では、P_Imax は $64.5 \pm 17.7 \text{cmH}_2\text{O}$ から $74.2 \pm 17.3 \text{cmH}_2\text{O}$ ($p < 0.05$) に、P_Emax が $58.5 \pm 11.3 \text{cmH}_2\text{O}$ から $80.4 \pm 24.9 \text{cmH}_2\text{O}$ ($p < 0.01$) に、1秒量が $2.09 \pm 0.31 \text{l}$ から $2.15 \pm 0.30 \text{l}$ ($p < 0.05$) へと有意な増加が認められた。肺活量、%肺活量、および1秒率は有意な変化は認められなかった (表 6-2)。

健康観については、開始時にはあまり健康でないと回答した者が4名であったが、終了時には全員が普通もしくは健康と回答した。MFS は 13.3 ± 1.1 から 13.6 ± 0.6 となったが、有意な変化は認められなかった。

運動習慣について、事業に参加する前は1週間に3日以上運動する者は3名と少なく、ほとんど運動しない者も3名いた。しかし終了時のストックウォーキング実施状況

第 6 章 運動実施による呼吸筋力の変化

は、1 週間に 3 日以上運動する者が 11 名と増加した。2 名は 1 週間に 2 日実施し、1 名が 1 ヶ月に 1、2 回の実施であった。

表 6-2 開始時および 3 ヶ月経過時の形態・機能測定の結果とその比較

	開始時	終了時	
身長(cm)	152.1±4.3	152.1±4.6	
体重(kg)	49.1±5.2	49.3±5.0	
BMI(kg/m ²)	21.2±1.8	21.3±1.8	
腹囲(cm)	78.9±6.5	79.6±7.7	
体脂肪率(%)	29.5±3.1	30.4±3.2	*
握力(kg)	24.2±4.9	26.1±4.4	*
足踏みテスト(回)	26.2±3.2	22.7±1.9	**
座位ステッピング(回)	37.4±4.6	38.5±5.8	
開眼片足立ち(秒)	95.7±30.3	98.5±33.0	
長座位体前屈テスト(cm)	41.1±5.9	42.8±6.1	
垂直跳び(cm)	25.7±5.7	28.5±5.1	*
全身反応時間(秒)	0.401±0.052	0.392±0.042	
重心動揺軌跡長(cm)	49.6±20.6	45.4±16.9	
PI _{max} (cmH ₂ O)	64.5±17.7	74.2±17.3	*
PE _{max} (cmH ₂ O)	58.5±11.3	80.4±24.9	**
肺活量(ℓ)	2.53±0.37	2.58±0.30	
%肺活量(%)	111.2±14.9	113.6±11.5	
1 秒量(ℓ)	2.09±0.31	2.15±0.30	*
1 秒率(%)	82.5±4.3	83.0±5.2	

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

2-4 考察

対象者の体型は、ほぼ日本人の標準値であり、BMI や腹囲からも普通体型といえるであろう⁶⁾。質問紙で自身の健康状況を問う結果から、終了時には全員が健康もしくは普通と回答し、MSF スコアも開始時からほぼ最高に近い高スコアであり、対象者は元気な身体能力の高い前期高齢女性であったと判断できる。

呼吸機能について、ストックウォーキングや体操が直接的に呼吸筋力増強に働きかける運動ではないにもかかわらず、 PI_{max} および PE_{max} が終了時に増加した。このことは、筋力の指標となる握力や瞬発力である垂直跳びも改善しており、ストックウォーキングが呼吸筋力を含めた全身の筋力増強に効果があったと考えられる。Hodges ら⁷⁾によると、反復する四肢の有酸素運動中、呼吸筋である横隔膜と腹横筋の筋活動が維持されると報告されており、歩行のみならずストックを把持していることが呼吸筋活動をより活発にし、呼吸筋力増強をもたらしたと推測する。1秒量が終了時に増加したことも、より強い呼気が行えるようになったことがもたらした結果ではないかと考える。

肺活量の変化についてであるが、呼吸筋力が正常以上で標準的な肺・胸郭であれば呼吸筋力の多少の増減は肺活量にあまり影響を与えないという報告があり⁸⁾、吸気圧、呼気圧ともに $40\text{ cm H}_2\text{O}$ もあれば肺を十分に拡張できるといわれている⁹⁾。対象者の呼吸筋力値はその値より十分高く、肺活量増加に至らなかったと推測でき、さらに開始時の%肺活量の値も $111.2 \pm 14.9\%$ とすでに標準値より高く、増加する余地も少なかった可能性があると考ええる。

水谷ら¹⁰⁾はストックウォーキングの床反力測定から、前後分力の特に後方分力のピークが通常歩行よりも大きいと報告しており、上肢運動はストックを前後にスイングしているだけでなく、上腕三頭筋の高い筋活動により前上方への推進力となっていることがわかっている。上肢の運動に連動して横隔膜筋活動が上昇することから¹¹⁾、ストックウォーキング実施による四肢の筋力向上と、連動した呼吸筋力向上に対する効果と考えられる。

呼吸筋は呼吸機能としての働きと、良好な姿勢維持機能としての働きがあり、両者が協調して働くことが重要である。腹筋と横隔膜の適切な協調がない場合は、激しい有酸素活動時では脊椎不安定性に至ることもわかっている¹²⁾。特に高齢者に頻発する円背

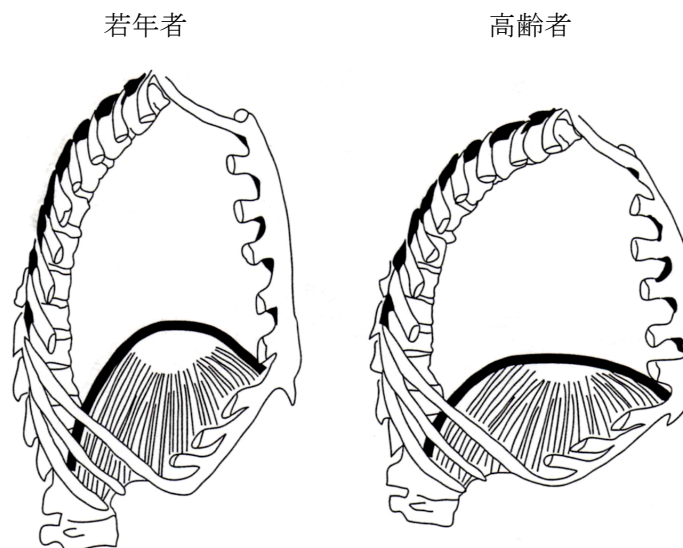


図 6-4 若年者と高齢者における胸郭と横隔膜の形状
(模式図) ¹⁴⁾

高齢者では脊柱の後彎増加とともに、胸郭の前後径が
増加し、横隔膜は伸張位となる

姿勢は、胸郭の柔軟性に影響を与えるだけでなく、横隔膜の形状も変化させ呼吸筋力の低下を助長するという報告がある ¹³⁾ (図 6-4)。ストックウォーキングを習慣化し継続して行うことは、ストックの使用による上肢の活動と高い推進力が呼吸筋との協調的な姿勢保持機能を活性化させることになり、良好な歩行姿勢の維持および改善に寄与できると思われる。高い呼吸筋力を維持することは、横隔膜をしっかりと上方へ押し上げ強い収縮力を維持することになり、強い横隔膜の収縮に必要な腹壁の固定に働く腹筋群の活動性も維持することになり、ストックウォーキングは円背のような不良姿勢の予防にも効果的と考える。

3. 特定高齢者に対する運動実施による呼吸筋力の変化

3-1 目的

要介護状態になるリスクの高い特定高齢者を対象とした、介護予防目的の地域支援事業は通常3ヵ月間を1つの期間として開催される。地域支援事業のなかでも「運動器の

機能向上」プログラムでは、体操などの運動プログラムを参加者に指導し、集団あるいは個別に継続実施を促す内容である。そこで運動器の機能向上の介護予防事業に参加した特定高齢者を対象に、運動実施が呼吸筋力におよぼす影響について検討することを目的とした。

3-2 対象および方法

O市の介護予防事業に参加した呼吸器疾患のない、特定高齢者の女性41名が対象である。平均年齢は75.7±5.1歳（66～86歳）であった。

介護予防事業は運動器の機能向上を目的に実施され、プログラムの期間は1週間に1回介護予防教室が開催され、全体は12回シリーズで3ヵ月間であった。教室の開始時と終了時に体力測定と生活に関するアンケートを行い、体力測定結果のフィードバックから、参加者は自身の教室での目標設定を行うとともに、理学療法士が1ヵ月目、2ヵ月目、3ヵ月目の目標を設定し教室で取り組むプログラムに反映された。

毎回の教室は90分間で、内容は体調に関する問診とバイタルチェックの後、グループで行う体操（図6-3）と、毎回介護予防に関する内容の指導ならびにレクリエーションである。体操はO市で考案された椅子座位で行う内容が中心で、ストレッチと主に上下肢の運動から構成されている。体操は、段階的に強度が高くなるような配列と実施テンポの変化で、運動の巧緻能力や筋力向上などの目的に合わせた内容が行えるように工夫されている。指導した体操や外出などの日常生活の活動性について、日誌を作成し1週間ごとに自宅で実施状況を記録してもらい運動の継続を促した。また、毎回その内容についてフィードバックを問診時に行うことで、運動に対する意欲の維持を図った。

体力測定項目は8項目で、握力、座位ステップング、足踏みテスト、開眼片脚立位、functional reach test (FR)、Timed up and go test (TUG)、5m通常歩行時間、および5m最速歩行時間である。

生活活動能力については、Motor Fitness Scale (MFS) を使用し、14項目についてアンケートを行った。

呼吸機能評価として、呼吸筋力はPI_{max} および PE_{max} の測定と、肺活量、%肺活量、1秒量、および1秒率の測定を行った。



図 6-3 介護予防体操の実際

データの分析には対応のある t 検定を用い、教室の前後で各項目について比較した。統計学上の有意水準は 5%未満とした。

3-3 結果

表 6-3 には対象者の身体特性について、表 6-4 には教室開始時と終了時の測定結果の比較を示した。身体特性は、3 ヶ月間で有意な変化は認められなかった。

体力テストで有意に増加が認められた項目は、握力 ($p < 0.05$)、足踏みテスト ($p < 0.01$)、座位ステップングテスト ($p < 0.001$)、および FR ($p < 0.01$) であり、有意な減少が認められたのは TUG ($p < 0.001$) と 5m 通常歩行速度 ($p < 0.001$) であった。片脚立位時間と 5m 最速歩行時間は、有意な変化が認められなかった。

生活活動能力をみる MFS についても、有意な変化が認められなかった。

呼吸機能である肺活量、%肺活量、1 秒量、および 1 秒率は有意な変化を認めなかった。呼吸筋力は、PEmax は $54.3 \pm 17.3 \text{ cmH}_2\text{O}$ から $57.7 \pm 18.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ に有意な増加を認めたが ($p < 0.05$)、PImax は $51.7 \pm 16.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ から $54.4 \pm 17.5 \text{ cmH}_2\text{O}$ に変化するも、有意な増加を認めるにはいたらなかった。

第6章 運動実施による呼吸筋力の変化

表 6-3 対象者の身体特性

n=41

	開始時	終了時
身長(cm)	151.5±5.2	152.0±5.4
体重(kg)	51.4±9.3	52.1±10.3
BMI(kg/m ²)	22.3±3.5	22.5±3.7

表 6-4 測定値の介護予防教室開始時と終了時との比較

	開始時	終了時	
握力(kg)	20.3±4.0	21.1±3.8	*
足踏みテスト(回)	16.1±4.5	18.7±4.4	**
座位ステップング(回)	30.5±5.1	33.7±4.6	***
片脚立位時間(秒)	26.4±20.2	29.2±20.4	
functional reach (cm)	31.4±6.4	34.2±5.4	**
time up and go test (秒)	7.4±1.5	6.6±1.4	***
5m 通常歩行時間(秒)	4.1±0.7	3.8±0.7	***
5m 最速歩行時間(秒)	3.2±0.6	3.1±0.6	
MFS	9.1±3.1	9.5±3.0	
PI _{max} (cmH ₂ O)	51.7±16.7	54.4±17.5	
PE _{max} (cmH ₂ O)	54.3±17.3	57.7±18.8	*
肺活量(l)	2.05±0.38	2.12±0.39	
%肺活量(%)	95.3±15.0	98.8±15.9	
1 秒量(l)	1.59±0.31	1.65±0.36	
%1 秒量(%)	78.9±8.0	78.2±9.1	

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

3-4 考察

効果的な介護予防のためには、早期発見・早期対処が重要である。平成18年の介護保険法改正によってハイリスクアプローチの観点から、要支援・要介護状態になる可能性の高い者を特定高齢者とし、その予備軍である全ての高齢者に対して介護予防事業（地域支援事業）が創設された。特定高齢者の把握には、老人保健法における基本健康診査および生活機能評価を実施し、生活機能低下が確認された者としている。対象者には地域包括支援センター等において本人の同意のもと、介護ケアプランの作成と介護予防のための運動器の機能向上、低栄養改善、口腔機能向上などのプログラムが地域支援事業として提供されている。なかでも、高齢者の運動機能向上を図り“できる”体験を多く積む「運動器の機能向上」プログラムは、その人らしい自己認識を維持するために不可欠な要素である¹⁵⁾。

特定高齢者に対し、介護予防教室を3ヵ月実施後の結果から向上が認められた項目は、筋力の指標である握力や足踏みテスト、座位ステップング、FR、複合的な機能を表すTUGと通常歩行速度、およびPEmaxであった。今回実施したプログラムは、座位で行う体操を主とした有酸素運動であり、運動強度は参加者が無理なく行えることを目標にしており、軽度から中等度までのレベルであった。体操指導時には、可能な限り背もたれは使用しないようにして上下肢の体操を行わせたことが、上下肢の運動が中心であるものの体幹の機能向上効果も得られたと推測でき、その結果これらの運動要素が向上したと考えられる。

しかし、PImaxに関して改善は認められず、教室開始時の値をみると $51.7 \pm 16.7 \text{cmH}_2\text{O}$ であった。COPDの患者ではPImaxが $60 \text{cmH}_2\text{O}$ 以下の場合、呼吸筋トレーニングを実施することが推奨されていることや^{16,17)}、第5章で提示したPImaxの転倒リスクの閾値が $50 \text{cmH}_2\text{O}$ であることを鑑みても、対象者の吸気筋力はかなり低いことがわかる。MFSの値からみると、鈴木ら¹⁸⁾の分類した良好群・境界群・不良群のうち、高齢者の機能低下に早期の段階である境界群に区分される対象が多く、特定高齢者の日常生活の特性を表していると考えられる。しかし、%肺活量と1秒率の数値からほとんどの対象者が呼吸機能に問題がないと判断できる。つまり、日常生活において機能低下を認める高齢者で肺活量や1秒率の問題がない場合であっても、呼吸筋力は低

下している可能性があり、要介護のリスクを軽減するためには四肢体幹の運動による介入だけではなく、吸気筋力増強を直接的な目的とした運動介入の必要性が示唆された。今後は吸気筋トレーニングを実施することで、転倒リスクを中心とした要介護のリスクが軽減するかについて検証する必要がある。

4. まとめ

若年者を対象に腹筋群に対する筋力増強トレーニングを実施し、呼気筋力および吸気筋力の増大を認めた。同時に呼吸筋力測定時の腹直筋、腹斜筋の筋活動を筋電図測定とCYBEXによる最大腹筋力の測定を行い、トレーニング後に筋電図測定では増加を認めしたが、CYBEXによる測定では増加傾向を認めるも有意な増加には至らなかった。呼吸筋力の改善には腹筋群の筋力トレーニングは有効であることが示唆された。しかし呼吸筋力改善に、腹筋群の筋活動の増加は伴うものの、最大腹筋筋力の増大が伴う必要性は低いのではないかと考えられた。

全員が前期高齢者である一般高齢者に対し、3ヵ月間のストックウォーキングを実施したところ、握力、垂直跳び、1秒量、1秒率、P_Imax、およびPE_{max}の増大を認めた。結果はストックウォーキング実施による四肢の筋力向上と、運動した呼吸筋力向上に対する効果と考えられた。

健康な若年者や高齢者では、体幹の活動性が必要とされる運動により呼吸筋力が向上することが確認できた。しかし、呼吸筋力の低い特定高齢者では体幹を含めた四肢の運動介入では、吸気筋力は有意な筋力向上にいたらないことから、吸気筋力増強を直接的な目的とした運動介入の必要性が示唆された。

第7章 総括

呼吸筋力は主に呼吸リハビリテーションの分野において、呼吸筋トレーニングの効果について検討がなされてきているが、その対象は主に COPD などの呼吸器疾患患者が対象である。高齢期において COPD 発症のリスク回避が重要であることが示されており、高齢者の呼吸機能低下を予防する必要性は明白である。しかし、先行研究では健全な高齢者の呼吸筋力に関する特性、特に運動機能側面からみた呼吸筋の加齢変化や特性に関しては明らかにはなっていない。本研究では、若年者から高齢者までを対象に、①呼吸筋の運動機能としての特性を解明し、②介護予防における高齢者の呼吸筋の重要性について検証することを目的とした。さらに、③呼吸筋力改善の可能性や運動介入効果について、介護予防の観点から検討することを目的とした。本邦における介護予防の観点から、呼吸機能および呼吸筋に関する報告はほとんどなく、研究の必要性は高いと考える。

第1章では介護予防について政策の変遷も踏まえて概説し、さらに呼吸筋および呼吸筋力について先行研究を含め概説した。

第2章では呼吸筋力は筋量を反映する除脂肪体重や、筋力に関係性が高い運動機能の体力要素と関係性が高く、骨格筋量が呼吸筋力を規定していることが示唆された。さらに、呼吸機能に問題のない対象者において、呼吸筋力と肺機能との関係性の重要性について確認することができた。

第3章では呼吸筋力は加齢に伴い低下することが認められ、男性が女性より呼吸筋力が大きいことを確認した。呼吸筋力は加齢変化とともに、男女差のあることから全身の骨格筋量や体格による影響が強いことが示唆された。

第4章では高齢者における、呼吸筋力を低下させる要因を明らかにするため、生活習慣として運動習慣が与える影響や、一般高齢者と特定高齢者の比較、および日常生活の活動量と呼吸筋力の関係について検証した。

ウォーキングなどの全身運動習慣は、高齢期の呼吸筋力低下を抑制する可能性が示唆された。要介護状態になるリスクの高い高齢者や、日常生活活動能力の低い高齢者では、

呼吸筋力が低下している可能性が示され、吸気筋力が日常生活の活動性を構築する要因の1つであることが示唆された。

第5章では介護予防の観点から転倒リスクとしてつまずきを取り上げ、呼吸筋力が要介護状態になるリスク指標として活用できるかについて検証した。

後期高齢女性において呼吸筋力は、つまずきのある群は有意に低い値を示したことから、肺機能や握力および足踏みテストの筋力テストでは感知しえない転倒リスクについて、感知できる可能性が示された。簡便に実施できる呼吸筋力を評価することで、要介護状態にいたる予備軍抽出の測定項目として利用できることが示唆された。さらに後期高齢者の転倒リスク閾値として、 PI_{max} 、 PE_{max} のいずれかあるいは両方が $50\text{cmH}_2\text{O}$ 未満と考えられた。

第6章では呼吸筋力改善の可能性や運動介入効果について、介護予防の観点から検討した。健康な若年者や高齢者では、体幹の活動性が必要とされる運動により呼吸筋力が向上し、介入効果が確認できた。しかし、呼吸筋力の低い特定高齢者では体幹を含めた四肢の運動介入では、吸気筋力は有意な筋力向上にいたらないことから、吸気筋力増強を直接的な目的とした運動介入の必要性が示唆された。

呼吸筋力は筋力要素に関わる体力要素や、体格および除脂肪体重との相関関係が高いことから、骨格筋量が呼吸筋力を規定していることが示唆された。また、呼吸筋力は加齢に伴い低下し、高齢期では顕著に低下することがわかった。高齢者において呼吸筋力の低下は日常生活の活動性や運動機能低下と関連性が高く、特に吸気筋力が日常生活の活動性を構築する要因の1つであることが示唆された。さらに後期高齢女性では呼吸筋力が、肺機能や握力および足踏みテストの筋力テストでは感知しえない転倒リスクについて感知できる可能性が示された。呼吸筋力測定は簡単にかつ負担も少なく測定することができ、本研究で提示した呼吸筋力の転倒リスク閾値を要介護リスクのある高齢者の抽出に有効に活用することが可能であると考えられる。高齢者に対する運動介入が、呼吸筋力改善に効果的であることを確認できた。今後、呼吸筋力が転倒リスクの閾値より低い高齢者に対し、吸気筋力増強を目的とする運動実施による縦断研究を通して介護予防に応用することができると思われる。

引用文献

【第1章】

- 1) 総務省統計局 (2013) : 人口推計—平成 25 年 1 月報—、
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201301.pdf>
- 2) 厚生労働省 (2012) : 平成 23 年簡易生命表の概況、
http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei11/dl/02_kekka.pdf
- 3) 厚生労働省 (2011) : 平成 22 年度介護保険事業報告、
http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyo/10/dl/h22_point.pdf
- 4) 厚生労働省 (2012) : 平成 23 年人口動態統計 (確定数) の概況、
http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei11/dl/02_kekka.pdf
- 5) 厚生労働省 (2012) : 介護予防マニュアル (改訂版 : 平成 24 年 3 月)
http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1_01.pdf
- 6) 樋口由美 (2012) : 介護保険での理学療法②介護予防事業と予防給付、備酒伸彦他
(編)「地域リハビリテーション学テキスト」、123-131、南江堂、東京.
- 7) 厚生労働省 (2011) : 平成 22 年度国民生活基礎調査の概況
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>
- 8) 山本克己 (2012) : 介護保険での理学療法①地域包括ケア、備酒伸彦他 (編)「地域
リハビリテーション学テキスト」、123-131、南江堂、東京.
- 9) 瀧健治 (2009) : 呼吸管理に活かす呼吸生理、羊土社、東京.
- 10) 相磯貞和訳 (2004) : ネット解剖学アトラス原書第 2 版、南江堂、東京.
- 11) 嶋田智明、有馬慶美監訳 (2012) : カラー版筋骨格系のキネジオロジー原著第 2 版、
医歯薬出版、東京.
- 12) Diane Lee (2003): The Thorax、 Dian G. Lee Physiotherapist Corporation、
White Rock.
- 13) 真島英信 (2011) : 生理学、文光堂、東京.
- 14) 真寿田三葉 (2013) : 呼吸機能の評価、吉尾雅春、高橋哲也 (編)「標準理学療法学
専門分野 内部障害理学療法学」、172-176、医学書院、東京.

引用文献

- 15) 山崎敦他監訳 (2012) : オーチスのキネジオロジー身体運動の力学と病態力学原著 第2版、ラウンドフラット、東京.
- 16) American Thoracic Society、 European Respiratory Society(2002): ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med* 166、518-624.
- 17) 解良武士 (2001) : 呼吸筋力の特性. *理学療法科学* 16、231-238.
- 18) 解良武士 (2002) : 呼吸筋力の測定. *理学療法科学* 17、265-271.
- 19) 宅間豊 (1997) : 呼吸機能評価の機器—スパイロメータ・呼吸筋力計・パルスオキシメータについて—、*高知県理学療法*、5 : 10-15.
- 20) Thomas L Clanton、 Philip T Diaz (1995): Clinical assessment of the respiratory muscles. *Phys Ther* 75、 983-995.
- 21) 佐野正明、佐藤一洋 (2008) : 正常な呼吸メカニズム、高橋仁美、宮川哲夫、塩谷隆信 (編)「動画でわかる呼吸リハビリテーション」、12-17、中山書店、東京.
- 22) Miller JM、 Moxham J、 et al(1985): The maximal sniff in the assessment of diaphragm function in man. *Clin Sci* 69、 91-96.
- 23) Kamide N、 Ogino M et al (2009): Sniff nasal inspiratory pressure in healthy Japanese subjects: mean values and lower limits of normal. *Respiration* 77、63-69.
- 24) 日本呼吸管理学会呼吸リハビリテーションガイドライン作成委員会他編 (2003) : 呼吸リハビリテーションマニュアル、照林社、東京、pp. 83-84.
- 25) Andrew L Ries、 Gerene S Bauldoff、 et al (2007): Pulmonary Rehabilitation: joint ACCP/AACVPR evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 131、4S-42S.
- 26) 佐々木誠 (2008) : 呼吸リハビリテーションにおける呼吸筋トレーニングの効果、*秋田大学医学部保健学科紀要* 16、22-27.
- 27) 山下弘二、菊池信愛、伊藤和夫 (2010) : 脳卒中患者に対する呼吸筋トレーニングが呼吸筋力と咳嗽力に及ぼす効果. *理学療法科学* 25、849-853.
- 28) 秋吉史博、高橋仁美、菅原慶勇、佐竹将宏、塩谷隆信 (2001) : 呼吸筋強化が呼吸

引用文献

- 筋力に及ぼす影響. 理学療法学 28、47-52.
- 29) 一場友美、解良武士他 (2002) : 呼吸抵抗負荷の相違による呼吸筋活動の分析. 理学療法科学 17、195-198.
- 30) 佐々木めぐみ、佐竹将宏、菅原慶勇、高橋仁美、塩谷隆信 (2008) : 60%PI_{max} 吸気筋トレーニングによる呼吸筋力の増加が呼吸筋耐久力および運動耐容能に及ぼす影響. 理学療法学 35、301-307.
- 31) 高田靖夫、川越厚良他 : 吸気筋トレーニングの効果持続性に関する検討. 理学療法科学 25、127-132.
- 32) Suzuki Shunsuke、 Sato Masamichi、 Okubo Takao (1995) : Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects. Thorax 50、 366-370.
- 33) Stephanie J Enright、 Viswanath B Unnithan、 et al (2006): Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes、 diaphragm thickness、 and exercise capacity in subjects who are healthy. PHYS THER 86、 345-354.
- 34) Sasaki Makoto (2007): The effect of expiratory muscle training on pulmonary function in normal subjects. J Phys Ther Sci 19、 197-203.
- 35) 解良武士、小椋一也、猪股高志 (2004) : ウェイトリフティング選手の呼吸機能特性について－呼吸筋力に着目して－. 日本生理人類学会誌 9 : 151-156.
- 36) 古泉一久、解良武士、平塚潤、櫛部静二 (2009) : 長距離ランナーの呼吸筋力特性. 城西大学研究年報自然科学編 32、45-52.
- 37) Markov G、 Spengler CM、 et al(2001): Respiratory muscle training increases cycling endurance without affecting cardiovascular responses to exercise. E J Appl Physio 85、 233-239.
- 38) 堀江淳、村田伸、村田潤、太田尾浩、溝田勝彦、宮崎純哉、林真一郎、堀川悦夫(2010) : 地域在住女性高齢者における呼吸筋力が呼吸機能、身体機能、歩行能力に及ぼす影響. 健康支援 12、17-21.
- 39) 堀江淳、村田伸、林真一郎、宮崎純弥、太田尾浩、溝田勝彦、堀川悦夫 (2011) :

引用文献

- 居宅高齢者における運動習慣の有無による呼吸機能、呼吸筋力、運動耐容能への影響. 日本ケア・リハビリテーション学会誌 21、264-269.
- 40) 山田拓実、阿部直 (2000) : 呼吸筋と姿勢制御筋 呼吸リハビリテーションとの関係. 呼と循 48、231-239.
- 41) Paul W Hodges、 Simon C Gandevia、 et al (1997): Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. J Appl Physiol 83、753-760.
- 42) Kera Takeshi、 Maruyama Hitoshi (2001): Study of influence factor on maximal mouth pressure Part I.—Influence of posture—. J Phys Ther Sci 13、153-160.
- 43) Kera Takeshi、 Maruyama Hitoshi (2001): Study of influence factor on maximal mouth pressure Part II.—Influence of trunk flexion—. J Phys Ther Sci 13、161-166
- 44) 伊藤弥生、山田拓実、武田円 (2007) : 円背姿勢高齢者の呼吸機能及び呼吸パターンの検討. 理学療法科学 22、353-358.
- 45) 海老原覚 (2009) : 高齢者の COPD における呼吸機能検査. Geriat Med 47、155-158.
- 46) 茂木孝 (2009) : COPD の早期診断 : 特に発症前の “At risk” を再考する、Geriat Med 47、191-196.
- 47) 青柴和徹 (2009) : 高齢者の COPD と細胞老化. Geriat Med 47、201-203.
- 48) 野添匡史、間瀬教史、村上茂史、荻野智之、和田智弘、福田能啓 (2009) : 高齢者の呼吸機能と理学療法. PT ジャーナル 43、869-876.

【第2章】

- 1) 分木ひとみ・寄本明 (2002) : 中年者および高年者の運動機能に及ぼすウォーキング効果の相違、ウォーキング研究、6 : 121-125.
- 2) 木村みかさ、平川和文、奥野直他 (1989) : 体力診断バッテリーテストからみた高齢者の体力測定値の分布および年齢との関連. 体力科学 38 : 175-185.
- 3) Arora、 N. S. and Rochester、 D. F. (1982) : Effect of body weight and

引用文献

- muscularity on human diaphragm muscles mass、*J. Appl. Physiol.*、52:64-70.
- 4) 中村容一、田中喜代次、重松良祐、中垣内真樹、蒲原一之、井上雅樹 (2002) : 体力改善をねらいとした運動が慢性閉塞性肺疾患 (COPD) 患者の呼吸困難感および健康関連 QOL に及ぼす効果、*体力科学*、51 : 211-224.
 - 5) Nishimura Y、Tsutsumi M、Nakata H、Tsunenari T、Maeda H、Yokoyama M (1995): Relationship between respiratory muscle strength and lean body mass in men with COPD. *Chest* 107、 1232-1236.
 - 6) Dureuil B、 Matuszczak Y (1998): Alteration in nutritional status and diaphragm muscle function. *Reprod Nutr Dev* 38、 175-180.
 - 7) 平岩康之、前川昭次、岩井宏治、岩見千恵子、渋谷武志、今井至、今井晋二、松末吉孝 (2005) : 上腕筋圏と呼吸筋力、下肢筋力の関係について、*理学療法湖都* 25、69-72.
 - 8) 分木ひとみ・坂手誠治・寄本明 (2007) : 呼吸筋力と運動機能の関係およびウォーキング実施群の呼吸筋力、*ウォーキング研究*、11 : 161-165.
 - 9) 鈴木正史・寺本信嗣・須藤英一他 (1997) : 最大呼気・吸気筋の加齢変化、*日胸疾会誌*、35 : 1305-1311.
 - 10) 解良武士 (2012) : 呼吸器疾患の病態、柳澤健 (編)「*理学療法学ゴールド・マスター・テキスト 内部障害系理学療法学*」114-129、メジカルビュー社、東京.
 - 11) American Thoracic Society、 European Respiratory Society(2002): ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med* 166、518-624.

【第3章】

- 1) Black、L.F. and Hyatt、R.E. (1969) : Maximal respiratory pressures. Normal values and relationship to age and sex. *Am. Rev. Respir. Dis.*、 99 : 696-702.
- 2) Enright PL、 Kronmal RA、 Manolio TA、 Schenker MB、 Hyatt RE、 (1994) : Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. *Am J Respir Crit Care Med* 149、 430-438.

- 3) Bruschi C、Cerveri I、Zoia MC、Fanfulla F、Fiorentini M、Casali L、Grassi M、Grassi C (1992): Reference values of maximal respiratory mouth pressures: a population-based study. *Am Rev Respir Dis* 146: 790-793.
- 4) 西村義博・前田均・田中勝治他 (1991) : 加齢の呼吸筋力に及ぼす影響、*日胸疾会誌*、29 : 795-801.
- 5) Tolep K、Higgins N、Muza S、Criner G、Kelsen S (1995): Comparison of diaphragm strength between healthy adult elderly and young men. *Am J Respir Crit Care Med* 152、677-682.
- 6) 鈴木正史・寺本信嗣・須藤英一他 (1997) : 最大呼気・吸気筋の加齢変化、*日胸疾会誌*、35 : 1305-1311.
- 7) 沢辺元司・櫻井うらら・新井富生・石井健男 (2012) : 病理からみた呼吸器系の加齢性変化、*The LUNG perspectives*、20 : 125-129.
- 8) Chen HI、Kuo CS (1989) : Relationship between respiratory muscle function and age、sex、and other factors. *J. Appl. Physiol.*、66 : 943-948.
- 9) Sachs MC、Enright MD、Hinckley Stukovsky KD、Jiang R、Barr G (2009): Performance of maximum inspiratory pressure tests and maximum inspiratory pressure reference equations for 4 race/ethnic groups. *Respiratory Care* 54、1321-1328.
- 10) 鈴木正史・寺本信嗣・須藤英一他 (1997) : 最大呼気・吸気筋の加齢変化、*日胸疾会誌*、35 : 1305-1311.

【第4章】

- 1) 衣笠隆、古名丈人、杉浦美穂 (2000) : 地域高齢者における *Motor Fitness Scale* の有用性、岡田守彦、松田光生、久野譜也 (編)「高齢者の生活機能増進法—地域システムと具体的ガイドライン—」364-366、ナッパ、東京
- 2) 杉浦美穂、古名丈人 (2004) : おたっしや 21 健診のすすめ、鈴木隆雄、大淵修一 (監)「指導者のための介護予防完全マニュアル」、pp.22-27、東京都高齢者研究・福祉振興財団、東京.

引用文献

- 3) 解良武士 (2001) : 呼吸筋力の特性. 理学療法科学 16、231-238.
- 4) Nishimura Y、Tsutsumi M、Nakata H、Tsunenari T、Maeda H、Yokoyama M (1995): Relationship between respiratory muscle strength and lean body mass in men with COPD. Chest 107、 1232-1236.
- 5) 千原幸司、佐原寿史、日高昭斉、宮本信宏、中井真尚、津田透 (200) : 肺障害と呼吸筋障害、呼と循、48 : 241-248.
- 6) 中村容一、田中喜代次、重松良祐、中垣内真樹、蒲原一之、井上雅樹 (2002) : 体力改善をねらいとした運動が慢性閉塞性肺疾患 (COPD) 患者の呼吸困難感および健康関連 QOL に及ぼす効果、体力科学、51 : 211-224.
- 7) 木田厚瑞 (2003) : COPD (慢性閉塞性肺疾患) : 高齢者における問題、日本老年医学会雑誌、40 : 455-458.
- 8) 長瀬隆英 (2009) : 高齢者における COPD、Geriat Med 47 : 133-135.
- 9) 市川毅、堀田一樹、木村雅彦、松永篤彦 (2010) : 健康寿命の延伸と呼吸・循環器に対する理学療法、理学療法 27、534-541.
- 10) 山田拓実、阿部直 (2000) : 呼吸筋と姿勢制御筋 呼吸リハビリテーションとの関係. 呼と循 48、231-239.
- 11) 野添匡史、間瀬教史、村上茂史、荻野智之、和田智弘、福田能啓 (2009) : 高齢者の呼吸機能と理学療法. PT ジャーナル 43、869-876.
- 12) 伊藤弥生、山田拓実、武田円 (2007) : 円背姿勢高齢者の呼吸機能及び呼吸パターンの検討. 理学療法科学 22、353-358.
- 13) Cheng YJ、 Macera CA、 Addy CL、 Sy FS、 Wieland D、 Blair SN: Effects of physical activity on exercise tests and respiratory function. Br j Sports Med、 37: 521-528.
- 14) Sabino PG、 Silva BM、 Brunetto (2010): Nutritional status is related to fat-free mass、 exercise capacity and inspiratory strength in severe chronic obstructive pulmonary disease patients. CLINICS、 65、 599-605.
- 15) 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明 (2011) : 歩行速度と呼吸筋力および肺気量との関係、ウォーキング研究、15 : 71-75.

- 16) 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明 (2012) : 地域高齢女性における 5m 歩行速度と MFS との関係、ウォーキング研究、16 : 127-132.

【第 5 章】

- 1) 木村みさか、(2000) : 高齢者の転倒と体力について. 体育科学. 29 : 91-105.
- 2) 分木ひとみ・寄本明 (2002) : 中年者および高年者の運動機能に及ぼすウォーキング効果の相違、ウォーキング研究、6 : 121-125.
- 3) 千原幸司、佐原寿史、日高昭斉、宮本信宏、中井真尚、津田透 (200) : 肺障害と呼吸筋障害、呼と循、48 : 241-248.
- 4) Kera Takeshi、Maruyama Hitoshi (2001): Study of influence factor on maximal mouth pressure Part I.—Influence of posture—. J Phys Ther Sci 13、153-160.
- 5) Kera Takeshi、Maruyama Hitoshi (2001): Study of influence factor on maximal mouth pressure Part II.—Influence of trunk flexion—. J Phys Ther Sci 13、161-166
- 6) 山田拓実、阿部直 (2000) : 呼吸筋と姿勢制御筋 呼吸リハビリテーションとの関係. 呼と循 48、231-239.

【第 6 章】

- 1) 嶋田智明、有馬慶美監訳 (2012) : カラー版筋骨格系のキネジオロジー原著第 2 版、医歯薬出版、東京.
- 2) 秋吉史博、高橋仁美、菅原慶勇、佐竹将宏、塩谷隆信 (2001) : 呼吸筋強化が呼吸筋力に及ぼす影響. 理学療法学 28、47-52.
- 3) 富田寿人、杉山宏一、中野偉仁夫 (2000) : ポール・ウォーキングが女性高齢者の心拍数、酸素摂取量および習慣的運動強度に及ぼす影響、ウォーキング科学. 4 : 83-87.
- 4) 水谷名、分木ひとみ、寄本明 (2007) : ストックウォーキングの筋電図解析—ストック使用が歩行時の筋活動に及ぼす影響—、ウォーキング研究. 11 : 143-147.
- 5) 寄本明、坂手誠治、分木ひとみ、水谷名、岩田吉永、山岡健一、倉上茂、夏原善治、

引用文献

- 布施治美 (2007) : 産官学連携によるストックウォーキングを用いた生活習慣病および介護予防の試み、ウォーキング研究、11 : 125-132.
- 6) 首都大学東京体力標準値研究会編 (2007) : 新・日本人の体力標準値Ⅱ、不昧堂出版、東京、pp.21-26.
- 7) Hodges PW and Gandevia SC (2000): Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *J Physiol.* 522:165-175.
- 8) Sasaki Makoto (2007): The effect of expiratory muscle training on pulmonary function in normal subjects. *J Phys Ther Sci* 19、197-203.
- 9) 解良武士、古泉一久 (2009) : 呼吸筋トレーニングによる持久性能の向上の可能性、理学療法科学. 24 : 767-775.
- 10) 水谷名、分木ひとみ、寄本明 (2007) : スtockウォーキングの筋電図解析—ストック使用が歩行時の筋活動に及ぼす影響—、ウォーキング研究. 11 : 143-147.
- 11) Hodges PW and Gandevia SC (2000): Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol.* 89:967-976.
- 12) Hodges PW、J E Butler、McKenzie DK、and Gandevia SC (1997): Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *J Physiol.* 505:539-548.
- 13) 伊藤弥生、山田拓実、武田円 (2007) : 円背姿勢高齢者の呼吸機能及び呼吸パターンの検討. *理学療法科学* 22、353-358.
- 14) 野添匡史、間瀬教史、村上茂史、荻野智之、和田智弘、福田能啓 (2009) : 高齢者の呼吸機能と理学療法. *PT ジャーナル* 43、869-876.
- 15) 「運動器の機能向上マニュアル」分担研究班 (2009) : 運動器の機能向上マニュアル (改訂版) .
- 16) 神津玲 (2009) : 呼吸リハビリテーションに必要な評価と処方、植木純、千住秀明 (編)「チームのための実践呼吸リハビリテーション」74-78、中山書店、東京.
- 17) Lotters F、 van Tol B、 Kwakkel G、 Gosselink R (2002) : Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur*

引用文献

Respir J. 20: 570-576.

- 18) 鈴木直子、牧上久仁子、後藤あや、横川博英、安村誠司（2007）：地域在住高齢者の IADL の「実行状況」と「能力」による評価の検討—基本チェックリストと老研式活動能力指標から—、日老医誌 44 : 619-626.

関連論文

【原著論文】

1. 分木ひとみ・坂手誠治・寄本明（2007）：呼吸筋力と運動機能の関係およびウォーキング実施軍の呼吸筋力、ウォーキング研究、11：161-165.
2. 水谷名、分木ひとみ、寄本明（2007）：ストックウォーキングの筋電図解析ーストック使用が歩行時の筋活動に及ぼす影響ー、ウォーキング研究、11：143-147.
3. 分木ひとみ、柴田奈緒美、白星伸一、川崎浩子、谷田惣亮、鈴木美香（2009）：特定高齢者に対する介護予防事業の運動機能に与える影響、理学療法湖都（滋賀県理学療法士会学術誌）、29：61-65.
4. 分木ひとみ、南和弘、寄本明（2010）：ストックウォーキングが高齢者の呼吸筋力改善に及ぼす影響、ウォーキング研究、14：205-208.
5. 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明（2011）：歩行速度と呼吸筋力および肺気量との関係、ウォーキング研究、15：71-75.
6. 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明（2012）：地域高齢女性における5m歩行速度とMFSとの関係、ウォーキング研究、16：127-132.
7. Hitomi Bunki, Naomi Shibata, Akira Yorimoto（2013）：Functional characteristics and measurement significance of respiratory muscle strength in elderly. Health Evaluation and Promotion, 40：451-456.

【参考論文】

1. 寄本明、坂手誠治、分木ひとみ、夏原善治、布施治美（2007）：6ヶ月間のストックウォーキングおよびノーマルウォーキングが血液性状・形態・機能に及ぼす影響、ウォーキング研究、11：133-141.
2. 寄本明、坂手誠治、分木ひとみ、水谷名、岩田吉永、山岡健一、倉上茂、夏原善治、布施治美（2007）：産官学連携によるストックウォーキングを用いた生活習慣病および介護予防の試み、ウォーキング研究、11：125-132.

3. 寄本明、南和弘、分木ひとみ、藤田真緒（2010）：高齢者におけるストックを用いたウォーキングおよび体操によるヘルスプロモーション、ウォーキング研究、14：143-148.
4. 南和弘、寄本明、分木ひとみ、藤田真緒（2010）：高齢者におけるストックウォーキングが血液循環動態に及ぼす影響、ウォーキング研究、14：137-141.

【学会発表】

1. 分木ひとみ、寄本明、坂手誠治（2007）：呼吸筋力と運動機能との関係、第11回日本ウォーキング学会（東京）
2. 分木ひとみ、寄本明、坂手誠治（2007）：高齢女性における転倒リスクと足踏みテストの関係、第62回日本体力医学会大会（秋田）
3. Hitomi Bunki, Akira Yorimoto, Seiji Sakate (2007): Relationship between respiratory muscle strength and lean body mass, height and other factors in middle-aged persons. Asian federation of sports medicine (10th AFSM) (Thailand)
4. Akira Yorimoto, Seiji Sakate, Hitomi Bunki (2007): Effects of walking poles on metabolic syndrome risk factors. Asian federation of sports medicine (10th AFSM) (Thailand)
5. 分木ひとみ、谷田惣亮、寄本明（2008）：腹筋群トレーニングによる呼吸筋力と腹筋筋力の変化の関係、第43回日本理学療法学会大会（福岡）
6. Hitomi Bunki, Akira Yorimoto, Seiji Sakate (2008): Relationship between respiratory muscle strength and physical fitness. Asian confederation for physical therapy (10th ACPT) (Chiba Japan)
7. 分木ひとみ、川崎浩子、谷田惣亮、柴田奈緒美、鈴木美香、寄本明（2009）：特定高齢者に対する介護予防事業における呼吸機能について、第40回滋賀県公衆衛生学会（大津）
8. 分木ひとみ、寄本明、坂手誠治（2009）：特定高齢者に対する介護予防事業前後の体力および呼吸機能の変化、第64回日本体力医学会大会（新潟）

9. 分木ひとみ、寄本明、南和弘、坂手誠治（2010）：特定高齢女性の呼吸機能と呼吸筋力、第 65 回日本体力医学会大会（千葉）
10. 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明（2011）：歩行速度と呼吸筋力および肺気量との関係、第 15 回日本ウォーキング学会（東京）
11. 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明（2012）：高齢女性における転倒リスクと呼吸機能および体力の関係、第 42 回滋賀県公衆衛生学会（大津）
12. 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明（2012）：地域高齢女性における 5m 歩行速度と MFS との関係、第 16 回日本ウォーキング学会、（京都）
13. 分木ひとみ、柴田奈緒美、寄本明（2012）：MFS からみた日常生活活動能力と呼吸筋力の関係、第 67 回日本体力医学会大会（岐阜）

謝 辞

本研究の実施にあたり、滋賀県立大学大学院人間文化学研究科 寄本明教授には、研究テーマの検討から、フィールドの提供や論文投稿に至るまで数多くのご指導を賜り心より御礼申し上げます。寄本教授には社会人である私の立場にご配慮いただきながら、博士前期課程から長きにわたり、研究の基礎から根気よく丁寧に博士論文完成まで導いていただき、感謝の念に堪えません。

神戸大学大学院教授 平川和文教授、滋賀県立大学人間文化学部 柴田克己教授、矢野仁康教授には、本学位論文の審査をしていただくとともに、貴重なご意見や発展的なご指導を賜りましたことに深く御礼申し上げます。

本論文を作成するにあたり、多くのご助言と常に心強い励ましをいただいた滋賀県立大学人間文化学部 南和広准教授をはじめ、生活栄養学科の先生方からいただいたご指導に深謝いたします。

大津市民病院の理学療法士 柴田奈緒美さんには、フィールドの提供やデータ収集にご協力いただき心より感謝いたします。また寄本研究室の大学院生 藤松典子さん、田原育恵さん、現在相模女子大学勤務の坂手誠治さん、彦根市立病院勤務の茂山翔太さん、その他研究室の皆さんには、何かとご尽力いただいたお陰で研究を進めることができました。深く感謝いたします。

さらに職場である滋賀医療技術専門学校学校長 砂川勇先生には、研究活動についてご理解いただき、同僚である理学療法学科の先生方にはデータ収集にご協力いただくとともに、甚大なご支援を賜り心より感謝申し上げます。

最後に、これまで研究活動を理解し陰ながら支えてくれた、年老いた両親と妹家族に心から感謝し、本論文を捧げます。