

大胸筋のストレッチングが健常者の 胸郭拡張性および呼吸機能に及ぼす即時的影響

志賀雅樹・竹内里奈・森 大地

要旨

ストレッチポール(SP)上での大胸筋を対象としたストレッチングが、胸郭拡張性および呼吸機能に及ぼす即時的な影響と、ストレッチング時間による相違について検討した。若年健常者 22 名を対象に、30 秒間または 90 秒間のストレッチングをランダム化クロスオーバー法のデザインで実施した。ベースラインとして胸郭拡張差、呼吸機能を測定後、SP 上背臥位のみでのコントロール体位、SP 上ストレッチング体位(肩関節外転・外旋位)をそれぞれ実施し、その後、胸郭拡張差と呼吸機能を測定した。その結果、30 秒間のストレッチングによって有意な胸郭拡張差の増加と予備呼気量の減少、最大吸気量の増加を認めた。SP 上での大胸筋ストレッチングは、即時的に胸郭拡張性と呼吸機能に影響することが明らかとなり、胸郭拡張性の制限を有する患者での有用性が期待された。今後は、呼吸器疾患患者を対象とした検討を行う必要があると結論した。

目的

慢性呼吸器疾患患者では、不可逆的な肺病変のために努力呼吸を呈し、呼吸困難を生じる。これは、吸気努力が増大することによって^{1,2)}、頸部や胸部の呼吸補助筋が動員され、呼吸仕事量が増大することに起因する³⁾。また、同患者群では、加齢や全身性炎症、栄養障害によって呼吸筋が弱化するるとともに、換気効率の低下が長期化することで胸郭の拡張性が減少し、呼吸仕事量の増大に拍車がかかるといった悪循環を形成している。

胸郭拡張性が低下する要因は、肺実質の拡張不良、すなわち肺コンプライアンスの減少と、肋骨の挙上運動の低下に大別できる。後者は、肋骨関節の可動性低下と呼吸補助筋、つまり胸郭に付着する筋群の緊張亢進や短縮によって生じている。胸郭に付着する筋群の中でも大胸筋は、胸郭の拡張性において重要な役割を担っている。同筋は鎖骨部、胸部部、腹部にわかれ、それぞれ鎖骨内側 1/2、胸骨および第 2-7 肋軟骨前部、腹直筋鞘前葉を起始とし、上腕骨大結節稜に停止を有する。これにより肋骨を挙上し、胸

郭横径を増大させて吸気を補助している⁴⁾。また、大胸筋は肩甲骨と上肢が外転位にのみ、小胸筋とともに吸気を補助することが示されている⁵⁾。

臨床的に慢性呼吸器疾患患者は、肩甲骨を外転、胸椎の後弯を増大させた姿勢を呈していることが多い。そのため、大胸筋は短縮位で固定されやすい上に、吸気努力に伴う収縮亢進が助長される。したがって同筋は、胸郭拡張性の制限に占める割合が大きいと推測され、その伸張性を維持あるいは改善させることは临床上、重要な意義を有するものと考えられる。

大胸筋の伸張、すなわちストレッチングを考えると、同筋は肩関節の運動を介してアプローチが行いやすいという利点がある。Putt ら⁶⁾は、COPD 患者 14 名を対象に、大胸筋に対して肩関節外転・外旋位でのホールド・リラックスによるストレッチングによって、即時的な肺活量(vital capacity: 以下、VC)の増加、上部胸郭拡張差の増大がみられたと報告している。また、健常中高年 14 名を対象にストレッチポール(stretch pole: 以下、SP)を用いた 1 週間のコア・コンディショニングの検討⁷⁾では、胸郭拡張差の有意な改善を、若年健常者 36 名を対象に 2 週間の SP 上背臥位を行った

報告では、VC の有意な増加を認めている⁸⁾。しかし、これらの先行研究では、ホールド・リラククスは理学療法士による施行が必要で対象者自身が実施困難である、SP を用いた方法は自主的な方法ではあるが、大胸筋をストレッチングの対象としたものではなく、即時的効果に関しては不明であるといった問題がある。また、ストレッチングの実施時間に関しても明確にされていない。

本研究では、健常者に対する自主的な大胸筋ストレッチングが、胸郭拡張差および呼吸機能に対する即時的な影響を明らかにするとともに、ストレッチングの実施時間についてもあわせて検討することを目的とした。

対象

本学保健学科および大学院医歯薬学総合研究科に在籍する若年健常者を対象とした。必要対象者数の見積もりは、中高年健常者を対象とした先行研究⁷⁾による胸郭拡張差の変化をもとに算出した。当該研究では SP 実施前後の腋窩部胸郭拡張差の変化が 1.5 ± 0.9 cm (平均値 ± 標準偏差) であったため、検出力 90%、有意水準 5%、1 標本の t 検定をベースに算出した結果、必要症例数は 7 名であった。さらに、ストレッチングの時間によっては効果の低下があることを仮定 (1.0 ± 0.9 cm) すると、必要症例数は 11 名となった。今回は、男女それぞれでの検討も考慮し、合計 22 名を必要対象者数に設定した。

除外基準は、全身状態不良、肩関節の疼痛あるいは可動域制限、呼吸器疾患、循環器疾患、神経疾患、脊椎疾患(脊柱や胸郭の変形を含む)および開胸・開腹手術の既往、喫煙歴(過去、現喫煙)、身長 155cm 未満、body mass index (以下、BMI) 30kg/m^2 以上、である者とした。本研究は、長崎大学大学院医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認(許可番号 18041218)を得るとともに、対象者には、本研究の目的および手順、内容、リスクについて十分に説明し、書面にて研究参加の同意を得た。

方法

1. 研究デザイン

本研究では、ストレッチングの実施時間を先行研究^{9,10)}から 30 秒および 90 秒間に設定し、その影響を確認することも目的とした。したがって、いずれかのストレッチング実施時間から開始するかについて、対象者をランダムに割付け、その後条件を変更するランダム化クロスオーバー比較試験のデザインを適用した。

2. 実施方法

1) 実施手順

まず、事前評価として身体計測、肩関節水平外転の可動域を測定した。その後、ランダム割付けを行い、30 あるいは 90 秒間それぞれの時間で、後述するコントロール体位、続いてストレッチング体位を実施した。それぞれの介入前をベースライン評価、コントロール(実施)後評価、ストレッチング(実施)後評価として、胸郭拡張差の測定と呼吸機能検査を行った。研究の実施は全て本学保健学科内の運動療法室で行い、上記の 2 つの実施条件の間隔は 24 時間以上、48 時間以内とした。

2) ストレッチングの方法

今回の研究では、大胸筋ストレッチングの方法として、仰臥位で上肢の自重を利用する静的ストレッチング方法を選択し、ストレッチポール EX (LPN 社製)を使用した。その際の体位は SP 上背臥位、膝関節屈曲 90 度にて、肩関節外転 90 度から外旋位で大胸筋を伸張する方法をストレッチング体位(図 1-a)とした。また、同体位にて上肢をクッションで支持することで大胸筋を伸張しない方法をコントロール体位(図 1-b)とした。いずれの条件でも、実施中は安静呼吸とし、深呼吸などの呼吸法の適用については指示しなかった。



図 1. 実施体位

a: ストレッチ体位, b: コントロール体位

3. 測定項目

1) 事前評価

前述の通り、身体計測ならびに肩関節可動域測定を行った。身体計測は身長、体重を測定し、BMI を算出した。関節可動域測定は、ストレッチ実施の支障となり得る関節可動域制限の確認も兼ねた。測定は日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会(1995)による『関節可動域表示ならびに測定法』¹¹⁾に従った。

2) 胸郭拡張差

対象者の腋窩部の高さにおける胸郭拡張差(最大吸気位と最大呼気位の胸郭周径の差)を測定した。コンピュータに接続した胸郭可動域測定装置(竹井機器工業社製)を用い、端坐位にて対象者に最大吸気と最大呼気努力をそれぞれ3回実施させた。測定結果はグラフとともにリアルタイムにモニタに表示され、その平均値を算出した。

3) 呼吸機能検査

スパイロメータ(ミナト医科学社製 AUTOSPIRO AS-507)を用いて、標準的手法¹²⁾によって、VC、比肺活量(percent predicted VC: 以下, %VC)、1回換気量、予備呼気量(expiratory reserve volume: 以下, ERV)、予備吸気量(inspiratory reserve volume: 以下, IRV)、最大吸気量(inspiratory capacity: 以下, IC)を2回測定し、最良値を採用した。

4) バイタルサイン

ストレッチ実施前から終了後まで、呼吸数を計測するとともに、パルスオキシメータ(帝人社製 PULSOX-M24)にて経皮的動脈血酸素飽和度(以下, SpO₂)、脈拍数を記録した。

5) 自覚症状

ストレッチ実施中の快適さを修正 Borg スケールで評価した。また、胸郭拡張差の測定と呼吸機能検査における疲労感を同様に評価した。

4. 統計学的解析方法

大胸筋ストレッチによる胸郭拡張差と呼吸機能検査項目の変化をコントロールと比較した。コントロール後評価からベースライン評価を引いた値を Control、ストレッチ後評価からベースライン評価を引いた値を Stretch とし、2群間で以下の解析を行った。Shapiro-Wilk 検定にて正規性の有無を確認後、対応のある t 検定もしくは Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。さらに、胸郭拡張差と呼吸機能検査項目の関連性を、Pearson の積率相関係数および Spearman の順位相関係数を用いて検討した。データは中央値[四分位]または平均値±標準偏差で示した。解析には統計解析ソフトウェア IBM SPSS Statistics Ver.21 を使用し、有意水準 5%未満をもって統計学的有意とした。

結果

1. 対象者背景と実施状況

必要対象者数の見積もりに基づき、22 名を対象とした結果、1 名がストレッチ体位実施中に橈骨動脈の拍動消失を認めたため、ライトテストを実施した。その結果、陽性であり、当該対象者を胸郭出口症候群の疑いにて除外した。また、呼吸機能検査が実施不可能であった 1 名も除外した。そのため、2 名の対象者の追加を行い、22 名を解析対象とした。対象者の背景を表 1 に示す。実施中および後に呼吸困難や体調不良といった自覚症状を訴えた者はいなかった。また、何ら有害事象も生じなかった。

ストレッチ実施中のバイタルサインは平均でそれぞれ、呼吸数 16 回/分、SpO₂ 96%、脈拍

表 1. 対象者背景

	全体 (n=22)	男性 (n=11)	女性 (n=11)
年齢 (歳)	22 [21-22]	22 [22-23]	21 [21-22]
身長 (cm)	167.0 [162.2-171.3]	170.8 [169.5-173.2]	162.6 [158.7-164.5]
体重 (kg)	61.0 [54.7-64.1]	64.7 [61.1-69.1]	55.5 [51.7-60.1]
BMI (kg/m ²)	20.8 [19.4-23.1]	21.8 [19.6-23.5]	20.4 [19.8-22.9]
右肩関節水平外転 (°)	40 [30-50]	35 [30-47]	45 [40-50]
左肩関節水平外転 (°)	40 [35-50]	40 [30-47]	45 [40-47]
胸郭拡張差 (cm)	3.49 [3.07-4.47]	4.57 [3.77-7.50]	3.07 [2.48-3.35]
VC (L)	3.51 [2.97-4.60]	4.63 [4.14-4.86]	2.97 [2.88-3.22]
%VC (%)	86.0 [80.3-92.0]	89.0 [85.0-96.5]	81.0 [79.0-88.5]
TV (L)	0.68 [0.54-0.88]	0.67 [0.54-0.85]	0.69 [0.56-0.84]
IRV (L)	1.56 [1.06-2.26]	2.29 [1.88-2.33]	1.05 [0.93-1.26]
ERV (L)	1.44 [1.24-1.57]	1.59 [1.40-1.81]	1.28 [1.17-1.45]
IC (L)	2.21 [1.78-2.74]	2.74 [2.46-3.36]	1.74 [1.53-2.06]

中央値 [四分位]

BMI: body mass index, VC(vital capacity): 肺活量, TV(tidal volume): 1 回換気量, IRV(inspiratory reserve volume): 予備吸気量, ERV (expiratory reserve volume): 予備呼気量, IC(inspiratory capacity): 最大吸気量

数 73 拍/分であり, 実施前と変化はなかった. また, 自覚症状として快適さならびに疲労感は中央値でそれぞれ 0.5, 1 であった.

2. 胸郭拡張差と最大呼気周径, 最大吸気周径
ストレッチングの時間別での Control と Stretch の結果を表 2 に示す. Stretch において Control と比較して 30 秒間の胸郭拡張差は 0.23cm の有意な増加を認めたが (P=0.020), 90 秒間では有意差を認めなかった. 最大吸気位周径と最大呼気位周径では両条件で Control と Stretch の間に有意差はなかった.

3. 呼吸機能検査項目

呼吸機能検査項目における Control と Stretch

の比較を表 3 に示す. Control と比較し 30 秒間の Stretch で ERV と IC に有意な変化 (p=0.011, p=0.036) を認めたが, VC, %VC, 1 回換気量, IRV には有意差はなかった. 90 秒間ではいずれの項目においても有意な差は認められなかった.

4. 胸郭拡張差と呼吸機能検査項目との関連

いずれのストレッチング時間においても, 胸郭拡張差と呼吸機能検査項目の変化量との間に有意な相関関係は見られなかった (図 2).

考察

本研究では, 対象者自身で行える大胸筋を対

表 2. 胸郭拡張性

	n=22		30 秒		90 秒	
	Control	Stretch	Control	Stretch	Control	Stretch
胸郭拡張差	-0.03 [-0.72-0.42]	0.08 [-0.28-0.32]*	0.12 [-0.17-0.43]	0.12 [-0.33-0.39]		
最大呼気周径	-0.05 [-0.37-0.45]	-0.08 [-0.63-0.69]	-0.28 [-0.71-0.15]	-0.42 [-0.72-0.27]		
最大吸気周径	0.07 [-0.50-0.39]	0.33 [-0.26-0.78]	-0.18 [-0.44-0.29]	-0.33 [-0.66-0.28]		

中央値 [四分位], *p=0.020, 単位 cm

表 3. 呼吸機能検査

	30 秒		90 秒	
	Control	Stretch	Control	Stretch
VC(L)	-0.02 [-0.06-0.08]	0.00 [-0.06-0.04]	-0.02 [-0.08-0.07]	-0.02 [-0.06-0.05]
%VC(%)	-0.50 [-2.00-1.75]	0.00 [-1.00-1.00]	-0.50 [-1.00-1.75]	0.00 [-1.00-1.00]
TV(L)	-0.05 [-0.11-0.01]	-0.04 [-0.09-0.02]	-0.06 [-0.13-0.03]	-0.02 [-0.17-0.05]
IRV(L)	0.03 [-0.15-0.16]	0.08 [-0.16-0.21]	-0.03 [-0.09-0.02]	-0.01 [-0.15-0.16]
ERV(L)	0.05 [-0.10-0.13]	-0.03 [-0.11-0.04]*	0.04 [-0.09-0.14]	-0.03 [-0.14-0.13]
IC(L)	0.01 [-0.22-0.08]	0.03 [-0.09-0.15]*	-0.01 [-0.14-0.13]	0.00 [-0.16-0.08]

中央値 [四分位], *p=0.011, ** p=0.036

VC(vital capacity):肺活量 TV(tidal volume):1 回換気量, IRV(inspiratory reserve volume):予備吸気量, ERV(expiratory reserve volume):予備呼気量, IC(inspiratory capacity):最大吸気量

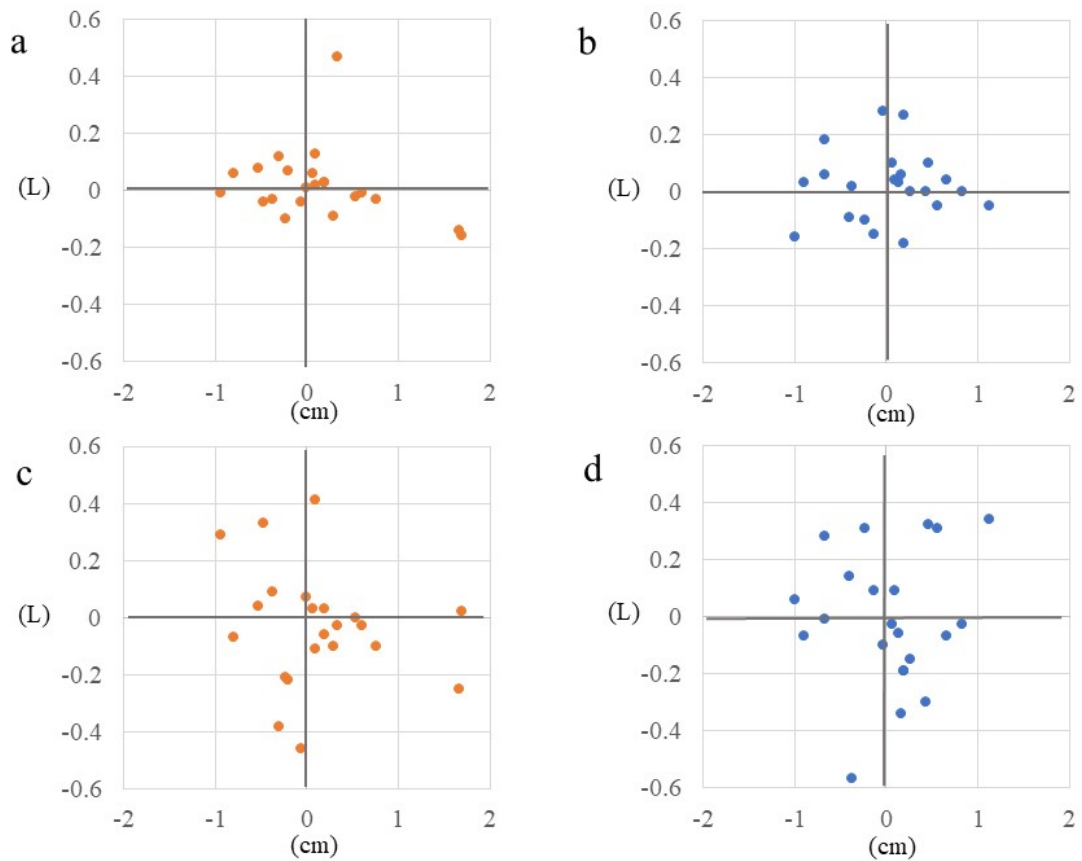


図 2. 胸郭拡張差と呼吸機能検査項目との関連

a: 胸郭拡張差と VC(30 秒), b: 胸郭拡張差と VC(30 秒), c: 胸郭拡張差と ERV(90 秒), d: 胸郭拡張差と ERV(90 秒)

象とした SP 上でのストレッチングが, 胸郭拡張性及び呼吸機能に及ぼす即時的な影響をストレッチングの実施時間とあわせて検討した. その結果, 30 秒間のストレッチングにより, 胸郭拡張差

は 0.23cm と小さいが有意な増加とともに呼吸機能検査では有意に IC が増加, ERV が減少した. しかし, 90 秒間のストレッチングではいずれの項目においても有意な差は認められなかった. な

お、今回は性別による比較は行わなかった。

胸郭拡張差が 30 秒間のストレッチングで有意に増加した要因に関しては、その実施時間が筋機能、つまり胸郭拡張に影響すると考えられる筋の柔軟性と拡張力としての筋出力に及ぼした影響が考えられる。Decoster ら¹⁰⁾のシステマティックレビューによると、筋の柔軟性は 30 秒以上のストレッチングで向上し、それ以上の実施時間では、その効果は変わらないと報告されている。このことから、本研究における 2 条件のストレッチングにおいては、いずれも筋の柔軟性は向上したと考えられる。加えて、ストレッチングが筋出力に及ぼす影響を検討した Kay ら¹³⁾の報告によると、ストレッチング実施時間が 45 秒を超えると、筋出力が低下することを示している。したがって、本研究における 30 秒間のストレッチングでは筋出力は低下せず、対して 90 秒間ではその低下が生じたものと考えた。これらの要因から 30 秒間のストレッチングによる胸郭拡張差の増大は大胸筋の柔軟性を改善し、さらに胸郭を拡張させるための筋出力が保たれた結果によるものと推察された。一方、90 秒間のストレッチングでは、筋の柔軟性は向上したものの、筋出力が低下したことで拡張性に対する影響が相殺された可能性を考えた。

呼吸機能検査項目の結果としては、30 秒間のストレッチングで ERV は 0.09L の減少、IC が 0.08L の増加といったわずかな変化はあるが、有意な変化が得られた。ERV の減少に関しては、その変化量と胸郭拡張差との間に相関関係を認めなかったことから、ERV を規定するとされる胸腔内圧の影響^{14,15)}が推測された。しかし、本研究からはその機序を説明、証明することはできなかった。また、IC の増加は VC に有意な変化がみられなかったことから、ERV が減少することによって生じたものと考えられる。

ERV の減少は、機能的残気量 (functional residual capacity, 以下 FRC) の低下を意味しており、臨床的視点から考察すると興味深い。COPD でみられる FRC の増加は、IC の減少を引き起こし吸気努力による呼吸仕事量の増加、呼吸困難を惹起する。そのため、本研究で得られた 30 秒間のストレッチングによる ERV の減少は、FRC の減少につながる事が予想され、同患者においては呼吸仕事量や呼吸困難軽減に有効

である可能性を示唆していると考えられる。

本研究の制限因子として、対象者が若年健常者であり、胸郭拡張差の値が大きく、わずかな変化量にとどまった可能性があること、また、データのばらつきが大きかったことが考えられる。また、本研究のストレッチング方法が肋間筋など、他の呼吸筋に影響した可能性を否定できないことや、ストレッチングが実際にどの程度筋に作用し、伸張を加えることができたかを判断できなかったという点が挙げられる。

今回の結果から、若年健常者に対する 30 秒間の SP 上での大胸筋ストレッチングは、有害事象なく即時的に胸郭拡張差を増大させ、ERV を減少させることが確認された。この結果より、胸郭拡張性の制限を有し、FRC の増加がみられるような COPD などの慢性呼吸器疾患に、本法が効果的である可能性が考えられ、換気効率の向上や呼吸困難軽減につながるものと推察される。また、本研究で使用した SP は、対象者自身でストレッチングを安全に実施できるため、自己練習プログラムの一助となり得る。今後は、胸郭拡張性が低下していると推測される高齢者や慢性呼吸器疾患患者を対象に検討する必要がある。また、本研究では ERV の減少につながる機序は不明であるため、その解明のための検討も必要であると考えられる。

まとめ

本研究では若年健常者に対する SP 上での大胸筋を対象としたストレッチングが、胸郭拡張性及び呼吸機能に対する即時的な影響を検討した。その結果、30 秒間のストレッチングは、胸郭拡張差を増大させ、ERV を減少させることが明らかとなった。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究にご協力いただきました対象者の皆様、貴重なご意見やご指導をいただきました内部障害系理学療法学研究室の方々、ご指導を賜りました神津 玲教授、田中貴子助教、長崎大学病院臨床研究センター 佐藤俊太郎助教に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 吉尾雅春, 高橋哲也(編):内部障害理学療法学. 医学書院, 東京, 2015, pp.237-239.
- 2) 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会ほか編:呼吸リハビリテーションマニュアル—運動療法—第2版. 照林社, 東京, 2012, pp.39.
- 3) Levison H, Cherniack RM: Ventilatory cost of exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *J Appl Physiol.* 1968; 25: 21-27.
- 4) 明石 謙:運動学(リハビリテーション全書4). 医歯薬出版株式会社, 東京, 2002, pp.139-152.
- 5) Kapandji IA, 著, 嶋田智明(訳):カパンディ 関節の生理学 I . 上肢. 医歯薬出版株式会社, 東京, 1991, pp.136-155.
- 6) Putt MT, Watson M, et al: Muscle stretching technique increases vital capacity and range of motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008; 89: 1103-1107.
- 7) Yokoyama S, Gamada K, et al: The effect of "the core conditioning exercises" using the stretch pole on thoracic expansion difference in healthy middle-aged and elderly persons. *J Bodyw Mov Ther.* 2012; 16: 326-329.
- 8) 金子秀雄, 鈴木あかり:ストレッチポール上背臥位が肺機能に及ぼす効果—深呼吸練習との比較—ヘルスプロモーション理学療法研究. 2015; 5: 117-121.
- 9) 谷澤 真, 飛永敬志:短時間の静的ストレッチングが柔軟性および筋出力に及ぼす影響. 理学療法—臨床・研究・教育. 2014; 21: 51-55.
- 10) Decoster LC, Cleland J, et al: The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35: 377-387.
- 11) 日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会:関節可動域表示ならびに測定法. 日本整形外科学会雑誌 1995; 69: 240-250.
- 12) 日本呼吸器学会肺生理専門委員会:呼吸機能検査ガイドライン—スパイロメトリー, フローボリューム曲線, 肺拡散能力—, メディカルレビュー社, 2004.
- 13) Kay AD and Blazevich AJ: Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44: 154-164.
- 14) 呼吸機能検査技術教本 (JAMT 技術教本シリーズ). 一般社団法人日本臨床衛生検査技師会(監修), 株式会社 じほう, 東京, 2016, pp. 26-27.
- 15) 吉尾雅春, 高橋哲也(編):内部障害理学療法学. 医学書院, 東京, 2015, pp.172-173.

(指導教員:神津 玲)