

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

胸郭周辺の筋群に対するセルフストレッチが呼吸機能に及ぼす即時効果の検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-06-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 杉林, 正晟 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1918

修士学位論文

胸郭周辺の筋群に対するセルフストレッチングが
呼吸機能に及ぼす即時効果の検討

2019 年度
(2020 年 3 月)

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
海洋環境保全学専攻

杉林 正晟

目次

第 1 章 緒論	1
1-1. ストレッチング	1
1-1-1. トレーニングとストレッチング	1
1-1-2. ストレッチングの意義	2
1-1-3. ストレッチングの方法	3
1-2. 呼吸	4
1-2-1. 呼吸のメカニズムと呼吸機能	4
1-2-2. 呼吸筋	6
1-2-3. 呼吸筋トレーニング	8
1-3. ストレッチングと呼吸機能	9
第 2 章 目的	11
第 3 章 方法	12
3-1. 実験の流れ	12
3-2. 被験者の属性及び測定環境	13
3-3. 呼吸機能の測定	13
3-4. 胸郭周径の測定	15
3-5. ストレッチングについて	16
3-5-1. ストレッチングの方法	16
3-5-2. 実施するストレッチングについて	16
3-6. 統計処理	17
第 4 章 結果	19
4-1. 呼吸機能測定	19
4-1-1. 肺活量	19
4-1-2. 努力性肺活量	20

4-1-3. 一秒量	21
4-1-4. 最大中間呼気速度	21
4-1-5. 最大呼気流量	22
4-1-6. 予備吸気量	23
4-1-7. 予備呼気量	24
4-1-8. 一回換気量	25
4-2. 胸郭周径の測定	26
4-2-1. 胸郭拡張差	26
4-2-2. 最大吸気時の胸郭周径	27
4-2-3. 最大呼気時の胸郭周径	28
第5章 考察	29
5-1. 肺活量について	29
5-2. 努力性呼気について	30
5-3. 換気について	32
5-4. 胸郭周径について	33
5-5. 各ストレッチングの効果	33
5-6. 先行研究との対比	34
第6章 結論	35
引用・参考文献	37

第 1 章 緒論

1-1. ストレッチング

1-1-1. トレーニングとストレッチング

トレーニングは、健康のためのトレーニングとスポーツのためのトレーニングに大別される。健康のためのトレーニングは運動による健康維持・不健康さの解消を目的としている。スポーツのためのトレーニングは、最大作業時の能力を高めることで競技力の向上を目指すものであり、そのための効率の改善を目的としている。

スポーツのためのトレーニングにおいて効果を得るための原則には、過負荷の原則、特異性の原則、漸増の原則が挙げられる¹⁾。過負荷の原則は、トレーニングの強度・時間・頻度・期間を日常での水準より高くすることであり、特異性の原則は、鍛えたい部位・エネルギーの供給機構・運動様式に合わせて、トレーニングの方法を設定することを指す。漸増の法則は、トレーニングをその時の能力に合わせて設定し、トレーニングの効果が表れるに従って必要に応じて強度や運動量を増加させていくことを示す。また、トレーニングの効果は実施直後ではなく、身体の回復に伴って表れるため、適切な休養を取ることも必要である。

トレーニングには、筋力のトレーニング(筋の収縮する力)・瞬発力を向上させるトレーニング(筋の収縮の速度)・筋持久力のトレーニング(筋の収縮の持続時間)があり、目的や競技種目によって適切なトレーニングを行うことが重要である。トレーニング方法の一つに、柔軟性のトレーニングがある。筋の柔軟性は骨格や関節の形状、関節や筋を取り巻く結合組織の構造、筋の伸縮性によって変化する。骨格や関節については、多くの場合は思春期後期までに形成されるためそれまでのトレーニングが重要となるが、結合組織については成人以降でも努力による改善が可

能であり、筋を伸展することで付随する結合組織を伸展させることができる。筋をしばらく使用していない時や、使い過ぎで疲労している場合には筋の伸縮性は低下するが、これらは柔軟性のトレーニングで改善することができる。

柔軟性のトレーニングの基本はストレッチングであり、準備運動、トレーニング後のケアといった目的で実施されるほか、筋の伸縮性を増大させ筋出力を向上させるための筋力トレーニングとしての側面を持っている。すなわちストレッチングとは、柔軟性のトレーニングに数えられる一種のトレーニングの手法であると言える。

1-1-2. ストレッチングの意義

ストレッチングは、身体のコンドィションを整えることや、怪我を未然に防ぐこと、また理学療法としてリハビリテーションのプログラムに組み込まれる等、用途は多岐に渡る。ストレッチングは、適切な量・時間を行うことが有用であるとされており、全身について行うのではなく、目的に応じて伸展させる部位や伸展の方法を変更することが望ましい。一般的には、ストレッチングを行うことで、関節可動域の向上、筋緊張の緩和、血行の改善といった点に効果を及ぼすと報告されている²⁾。スポーツの前に実施するストレッチングは関節可動域を向上させることが主な目的である。関節可動域の向上は、筋肉の弾性低下、筋繊維・筋腱移行部・コラーゲン繊維を中心とした結合組織の伸張性増大といった要素から柔軟性が向上するために引き起こされ、肉離れや捻挫等の怪我の予防や症状の軽減に繋がるという有用性を持つ³⁾。

1-1-3. ストレッチングの方法

ストレッチングは、方法や強度によって及ぼされる影響が異なる。ストレッチングの方法は、主に静的ストレッチングと動的ストレッチングに大別される。静的ストレッチングは、筋肉を伸長させた状態で静止するため、関節の動きが伴わないストレッチング方法であり、動的ストレッチングは関節の動きを伴うストレッチング方法である。一般的に静的ストレッチングをスタティックストレッチング、動的ストレッチングをダイナミックストレッチングとパリスティックストレッチングとに分類して呼ぶ例もあるが、本稿においては統一して「静的ストレッチング」及び「動的ストレッチング」という表現を用いることとする。

静的ストレッチングと動的ストレッチングでは関節可動域の向上効果という点ではどちらにも差がないことが示されている⁴⁾。一方で、筋出力の変化という点では、静的ストレッチング実施後には最大筋力が低下し、動的ストレッチング実施後には最大筋力が向上することが明らかにされている⁵⁾。静的ストレッチングを実施する際の伸長持続時間は、最初の 5～10 秒は伸展度合いを定める時間であるために、最低でも 20 秒の伸長持続時間がなければ関節可動域に対しては効果が薄いとされており、関節可動域を向上させるためには 30 秒程度の伸長持続時間が有用であると報告されている⁶⁾。また、持続時間が長ければ長いほど良いということはなく、60 秒以上にわたる静的ストレッチングを行うことは関節可動域の向上に有用でない可能性があるという報告もある⁷⁾。

動的ストレッチングにおいては、実施する時間ではなくストレッチングの回数を指定するケースが多く、動的ストレッチングの適当な実施回数について検討している先行研究は多く確認できる。動的ストレッチングを 90 回 (15 回×6 セット) 実施した Papadoulos ら (2005) の研究⁸⁾、48～

60回(12~15回×4セット)実施した Herda ら(2008)の研究⁹⁾、また45回(15回×3セット)実施した Carvalho ら(2012)の研究¹⁰⁾において、筋出力等の各種パラメータの向上効果が認められなかったという報告があり、その結果を受けて山口ら(2012)は、「パフォーマンス改善の認められた研究を総じて考えると、合計の実施回数は10~30回(10回×1セットから15回×2セットまで)がパフォーマンス向上のための適切なダイナミックストレッチングの量として推奨されよう」と述べている¹¹⁾。山口らの述べるパフォーマンスの改善とは、「(発揮パワー、跳躍能力、スプリング走タイム及びメディシン投擲距離等の)瞬発的な運動能力の改善」を示している。

以上のようにストレッチングの方法や持続時間、実施回数が関節可動域や筋出力にどのような影響を与えるかについて調査した研究が確認され、また膝関節を伸展する筋群やヒラメ筋といった骨格筋へのストレッチングが筋出力に与える影響について調査した研究も確認された¹²⁾¹³⁾。また骨格筋の中には、胸郭周辺で肋骨の上下運動を促す筋群が存在する。それらは呼吸筋と呼ばれ、安静吸気時や努力呼吸の際に働き胸郭の拡張・収縮を促すことで肺に空気を出入りさせている。これらは「呼吸」と呼ばれる人体の活動において重要な働きの一つである。

1-2. 呼吸

1-2-1. 呼吸のメカニズムと呼吸機能

人体における呼吸は、一般的には「息を吸ったり吐いたりすること」と捉えられているが、これらは厳密には「換気」と呼ばれる働きである。呼吸には、肺で酸素を取り込み二酸化炭素を放出する「外呼吸」と、脳や心臓、肝臓といった末梢臓器が血液から酸素を取り込み二酸化炭素を

放出する「内呼吸」がある。すなわち、生理学的な「呼吸」が意味することは、生態（あるいは組織、細胞）が外部環境との間で、酸素あるいは二酸化炭素をやり取りすること（＝ガス交換）を指す。本稿においては、「外呼吸」に着目し、以降では外呼吸のことを「呼吸」と表記することとする。

ヒトは一日に約2万回の呼吸を行っており、呼吸は肺で行われる。肺は上方と側方を肋骨、下方を横隔膜で覆われた「胸郭」という固い囲みの中に存在し、呼吸をする際にはこの胸郭が動くことによって空気が入りしている。安静吸気時には、外肋間筋と、肋骨に付着する広背筋、前鋸筋、大胸筋、僧帽筋といった筋肉が脊椎を支柱として肋骨の前方を頭側に引き上げ、同時に下方の横隔膜を引き下げることによって、胸郭の容積を大きくして空気を侵入させている。一方で、安静呼気時には筋肉は働いておらず、肺の収縮する力によって空気を自然に外へと吐き出している。呼気時に筋肉が働くのは基本的に努力性呼気時（強く息を吐く、早く息を吐く等）であり、努力性呼気時には内肋間筋をはじめ、腹直筋、腹横筋といった筋が働くことで、強い呼気や早い呼気を促す。

呼吸における吸気や呼気といった肺の機能を、数値化して確認できるようにした指標は呼吸機能（換気機能）と呼ばれ、呼吸機能を測定する意義は呼吸器系の疾患を発見することが主な目的である。肺活量（最大限に息を吸った状態から完全に息を吐き切るまでに呼出できる空気の量）の測定において基準値よりも低い値であることが判明すれば、筋委縮性側索硬化症や筋ジストロフィー、間質性肺炎といった疾患を発見することに繋がる。また、一秒量（最大限に息を吸った後、可能な限り勢いよく息を吐いた時の、最初の一秒間に吐き出せた空気の量）が基準値よりも低い値を示せば、慢性閉塞性肺疾患、気管支喘息といった疾患の発見

に繋がる。その他、一度の呼吸で空気を換気している量や空気を呼出する速さといった様々な項目がある。呼吸機能を測定する検査は呼吸機能検査や肺機能検査と呼ばれ、年齢や身長を参考に設けられた基準値と実測値との比較から、患者の持つ疾患を発見するために測定され、医療やリハビリテーションの現場で利用されている。

気管支喘息や慢性閉塞性肺疾患といった呼吸器系の疾患をもつ患者は、呼吸リハビリテーションを行うことがある。呼吸リハビリテーションについて、植木ら(2018)は、「呼吸リハビリテーションとは、呼吸器に関連した病気を持つ患者が、可能な限り疾患の進行を予防あるいは健康状態を回復・維持するため、医療者と協働的なパートナーシップのもとに疾患を自身で管理して、自立できるよう生涯にわたり継続して支援していくための個別化された包括的介入である」と述べている¹⁴⁾。呼吸リハビリテーションでは、呼吸練習、リラクゼーション、胸郭可動域練習、排痰法に加え、ウォーキングや自転車運動といったトレーニング、ストレッチング等のコンディショニングを行うことで、呼吸や身体の状態を整えることが可能であるとされている。

1-2-2. 呼吸筋

呼吸運動を行う際には、呼吸筋を利用している。呼吸筋とは、吸気筋である横隔膜・外肋間筋・胸鎖乳突筋・大胸筋・小胸筋、また呼気筋である内肋間筋・腹直筋・胸横筋・下後鋸筋・方形筋・腸腰筋といった、呼吸に関連する胸郭周辺の筋群のことを指す¹⁵⁾。安静時の呼吸運動について、吸気は主に横隔膜と外肋間筋の働きによるものである。一方で、安静時の呼気は拡張された肺・胸郭の弾力性が復元することによるもの

が主であるために呼気筋は働いておらず、努力性の呼気時に内肋間筋や腹直筋といった呼気筋が働く。努力性の吸気時には外肋間筋・横隔膜の補助的な吸気筋として胸鎖乳突筋や小胸筋といった頸部や肩部の筋が働く。呼吸法には、肋間筋を中心とした胸式呼吸と横隔膜を中心とした腹式呼吸(横隔膜呼吸)があり、体型等に影響は受けるものの女性には胸式呼吸、男性には腹式呼吸が多い傾向がある¹⁾。

宮川(1988)は、「呼吸筋も四肢筋と同じような特性を持ち、四肢筋同様強化することができる」と述べており、呼吸筋が他の一般的な骨格筋と同様に、トレーニングによって強化することが可能であることを報告している¹⁶⁾。宮川は、呼吸筋の筋力を鍛えるためには口腔を閉鎖し、最大吸気努力、最大呼気努力を行うことが良いとしており、「3~5秒保持し、1日数回、週5回、5週間行うと呼吸筋力は強化できる」としている。また、呼吸筋の耐久力は、呼吸訓練機(一定の吸気速度を維持することでシリンダー内のボールを持ち上げ、それを維持する)の使用や深呼吸を行うことによる過換気法、安静吸気時に抵抗を加えて呼吸を行う吸気抵抗負荷法、歩行・ランニング・水泳といった運動療法を行うことによって鍛えることができると述べている。

機器を用いた呼吸筋のトレーニングとして、チェスト株式会社製のスレシヨルドIMTを用いる例がある¹⁷⁾¹⁸⁾。これは、吸気時に抵抗弁による負荷が加わることで吸気筋をトレーニングし、呼吸運動を改善する目的で用いられている呼吸筋訓練機である¹⁹⁾。近年では、医療の現場で用いられている呼吸機能・呼吸筋が注目され、呼吸筋を強化することが取り込める空気の量や空気を換気する能力に影響を及ぼすならば、スポーツや音楽といった呼吸が関係する分野におけるパフォーマンスの向上に繋がるのではないかと、といった研究も確認されるようになった²⁰⁾²¹⁾。

1-2-3. 呼吸筋トレーニング

呼吸筋をトレーニングすることは呼吸筋トレーニングと呼ばれる。呼吸筋トレーニングを理学療法として用いた例として、古賀ら(2015)は、漏斗胸を罹患する30歳代後半の女性に対して、スレショルドIMTを用いた吸気筋を鍛えるトレーニング、胸郭可動域運動、有酸素運動を実施させ、呼吸機能測定や呼吸運動評価スケール等を用いて、漏斗胸の改善の有無を評価した結果、「呼吸筋の筋力が改善し胸郭コンプライアンスの改善に伴い肺機能の改善が見られた」と報告している²²⁾。

解良ら(2009)は、健常成人と、ウェイトリフティング選手・自転車等の持久性競技選手の呼吸機能・呼吸筋力といったデータから呼吸筋トレーニングが持久性競技に対して効果的であるかどうかを検討した結果、呼吸筋疲労の起こり得る持久性競技においては、呼吸筋のトレーニングが有用である可能性を示唆した²⁰⁾。また大倉ら(2013)は若年競泳選手に対して、最大吸気時60%負荷圧15%負荷圧の2群に分け、呼吸筋トレーニングを実施させ、トレーニング前後での、最大吸気時の口腔内圧を指標とした吸気筋力、及び100m、400mでのタイムを比較・検討した結果、吸気筋力は何れの群も有意に向上したが、100m、400mのタイムは60%負荷圧群のみが向上する結果を示した²¹⁾。阿部ら(2010)は、試合期のボート選手を対象として、日々のトレーニングに加えて呼吸筋トレーニング機器による吸気筋のトレーニングを追加で実施させ、2000mローイングパフォーマンスの向上度や選手たちの主観的評価によって、呼吸筋トレーニングの効果が表れたかどうかを検討した結果、吸気筋力に有意な向上が認められた一方で、2000mローイングパフォーマンスについては対照群との有意な差は認められなかったことを報告している²³⁾。

以上のように、理学療法として呼吸筋トレーニングを用いるケースとは別に、呼吸筋を鍛えることによるスポーツのパフォーマンス向上を検討する研究が実施されているものの、成果は一定でない。山地(2017)は、健常な若者を対象とする呼吸筋トレーニングによって「持久性のパフォーマンスを有意に改善することは不動の結論であろう」と述べる一方で、「長年月にわたって高強度のトレーニングを実施してきたエリート競技者にとって、呼吸筋トレーニングがパフォーマンスを改善するか否かについては今後検証していかなければならない」と述べている²⁴⁾。呼吸筋トレーニングの研究が注目される一方で、呼吸筋トレーニングとパフォーマンスの関係については、こういった対象者にどのような効果を発揮するかは、明らかに示されていない。またスレシヨルド IMT といった呼吸筋訓練機を用いて調査を行った先行研究¹⁷⁾¹⁸⁾のほか、呼吸筋に対する柔軟性のトレーニング、すなわち呼吸筋をストレッチングすることによる効果が表れるかを調査した研究も確認された²⁵⁾²⁶⁾。

1-3. ストレッチングと呼吸機能

ストレッチングと呼吸機能に着目した研究には、胸郭の働きと呼吸機能の関係性について調査した先行研究も確認できる。呼吸筋は他の多くの骨格筋と異なり、筋肉の作用する明確な関節といった部位が存在しないことから、ストレッチングとの関連性を調査した研究においては関節可動域ではなく胸郭可動域や胸郭柔軟性といった用語が用いられている。胸郭の可動域と呼吸機能の関連について、鈴木ら(2007)は肺活量及び一秒量と胸郭拡張差の関係について調査し、胸郭拡張差が肺活量との有意な正の相関がある一方で、一秒量とは有意な相関関係がないことを示した²⁷⁾。また、小池ら(2017)は、胸郭可動域と換気量との関係について調

査し、剣状突起部及び第 10 肋骨高において胸郭拡張差(最大吸気時と最大呼気時の差)が 1 cm 増大すると、換気量が有意に増大することを示している²⁸⁾。

胸郭や胸椎に対して徒手的なストレッチングを実施することで、柔軟性や呼吸機能に影響が及ぼされるかについて検討した研究も確認できる。宮垣ら(2015)は、ストレッチポールハーフカット(株式会社 LPN 製)を用いて、背臥位にてセラピストが徒手的に胸椎の伸展を促すストレッチングを施し、肋間筋の弾性度及び肺活量・一秒量への即時効果について検討を行った²⁵⁾。その結果、肋間筋の弾性度は低下(柔軟性が向上)し、肺活量が有意に向上したことから、胸椎への徒手的な伸展ストレッチングは胸郭可動域を向上させ、呼吸機能の改善に繋がる可能性を示唆した。若林ら(2016)は、背臥位にて徒手的な胸郭のストレッチングを実施し、胸郭の柔軟性および肺活量をはじめとした呼吸機能への即時効果についての検討を行った²⁶⁾。その結果、胸郭に対する徒手的なストレッチングは胸郭の拡張性を改善し、その改善は同時に呼吸機能の改善にも繋がると述べている。また渡辺ら(2014)は、徒手胸郭伸張法・肋間筋のダイレクトストレッチング(腱または筋間に指を押し入れ直接的に骨格筋を伸長する手法²⁹⁾)・シルベスター法(上肢を挙上して胸郭を拡張する運動療法)・体幹回旋運動・肋骨捻転運動を胸郭可動域のトレーニングとして実施し、肺活量が有意に向上したことから、「胸郭可動域トレーニングにより、肋間筋の柔軟性が向上したことが肺活量の増大に繋がった可能性が考えられた」と述べている³⁰⁾。

以上のように、呼吸機能と胸郭可動域との関係を検討する研究²⁷⁾²⁸⁾³⁰⁾や、胸郭のストレッチングの効果を検討する判断基準として呼吸機能を利用する研究²⁵⁾²⁶⁾³⁰⁾等の研究成果が認められる。一方で、ストレッチン

グと呼吸機能の関係性を検討した先行研究においては、いずれも徒手的なストレッチング方法が用いられており、一人で行うストレッチング(セルフストレッチング)について検討している先行研究は確認されない。

第2章 目的

呼吸機能の測定から、基準値を下回ることや低下の傾向が確認される場合は、疾患等を見つけることに繋がるという点で有意義である。一方で、呼吸機能が優れている場合には人体へどのような利点があるのか。解良ら(2009)は、呼吸筋のトレーニングが持久性能力とどのような関係を持つかについて検討した³¹⁾。解良らは、「マラソンのように長距離の走行では呼吸筋疲労が起こる可能性があり、呼吸筋機能が持久性体力に影響する可能性がある」と述べている。解良らの報告に倣えば呼吸機能が優れていることは持久性能力が優れていることに関係する可能性が考えられるため、呼吸筋をストレッチングすることによって他の骨格筋と同様に筋出力への影響が表れるならば、持久性能力のパフォーマンスの向上や低下に繋がる可能性が考えられる。

俳優や声優・ナレーターの養成機関では、レッスンの直前に入念な30秒以上の静的ストレッチングを導入するケースが多く、ストレッチングそのものをカリキュラムに組み込んでいる例も多い。しかし、先行研究が示す「長時間の静的ストレッチングは筋出力の低下に繋がる」という骨格筋への影響が、呼吸筋に対しても同様に起こり得るのであれば、発声を行う前のウォーミングアップとして適切でない可能性が考えられる。一方で、他の先行研究の示す「適切な回数行った動的ストレッチングは筋出力の向上に繋がる」という効果が呼吸筋に対しても有効であれば、ウォーミングアップとして適切なストレッチングである可能性が考えら

れる。

宮垣ら(2015)や若林ら(2016)の研究が示すように、胸郭への徒手的なストレッチングを行うことが、呼吸機能に対して即時的な効果を与え得ることは示されている²⁵⁾²⁶⁾。徒手的なストレッチングは人数が二人以上求められるが、スポーツ・音楽等の直前にウォーミングアップとしてストレッチングを行う場合、必ずしも二人以上でストレッチングを実施することができるとは限らず、また徒手者側にも技術が求められることから、厚生労働省は個人で実施するストレッチング(セルフストレッチング)を推奨している³²⁾。セルフストレッチングは個人のタイミングで手軽に実施することが可能であるほか、被施術者の筋の伸展度合いを施術者が見極めながら行う徒手的なストレッチングと比較すると、過度なストレッチングになりづらい利点がある。

以上より、本研究では胸郭周辺の筋群に対するセルフストレッチングを実施し、呼吸機能及び胸郭周径に及ぼされる即時効果を検討することで、胸郭周辺の筋群へのセルフストレッチングの意義を明らかにすることを目的とした。

第3章 方法

3-1. 実験の流れ

実験は、①呼吸機能測定②胸郭周径の測定③ストレッチングの実施④2分間のインターバル⑤呼吸機能測定⑥胸郭周径の測定の流れで実施することとした。ストレッチングの方法は3通りとし、30秒間の静的ストレッチング、6秒間の静的ストレッチング、15回の動的ストレッチングとした。以上のストレッチング方法を設定した理由については後述する。計3回について同様の実験を行うが、他のストレッチングの効果が残りに、

結果に影響が出ることがないように、3 回の実験は全て別日に実施することとした。また、ストレッチング後に息切れを起こすなどして測定に影響が及ぼされる可能性があるため、ストレッチング後に 2 分間のインターバルを設けることとした。ストレッチングによる即時効果は、部位や方法によるものの、少なくとも骨格筋においては 30 分は持続すると報告されているため³³⁾、2 分間のインターバルがストレッチングによる影響を消失させる可能性はないと判断した。インターバル終了後に被験者にストレッチングによる息切れの有無について尋ね、「息切れがある」と回答した場合、1 分ずつインターバルの時間を追加していくこととした。被験者は測定及びストレッチングについての説明を記述したプロトコル（図 1）を読むことによって、事前に流れを理解した状態で実験に臨んだ。

3-2. 被験者の属性及び測定環境

被験者は、呼吸器系の疾患を持たない成人男子 10 名とした。10 名のうち 9 名は非喫煙者であり、1 名は喫煙者であった。年齢は 23.5 ± 2.9 歳、身長は 170.7 ± 5.4 cm であった。実験を行う際の室温は $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ とし、ストレッチング前後で測定環境に差異が出ないように注意した。呼吸機能測定の際にはノーズクリップを着用し、鼻から空気が漏れない状態で測定した。また、ストレッチングはストレッチングマット上にて実施することとした。実験は、被験者に息切れや息苦しさがないことを確認してから実施することとした。

3-3. 呼吸機能の測定

呼吸機能の測定には、株式会社スズケン製スパイロメーター SK-330 を

用いた。日本呼吸器学会(2004)の、測定時の姿勢は「座位または立位」という報告³⁴⁾から、本実験においては座位での測定を行うこととした。測定を行う際には、ミナト医科学株式会社製のマウスピース MOU9029 を用い、一回の実験ごとに処分することで衛生面の管理をした。測定は、フローボリュームの測定と肺気量分画測定³⁵⁾の2通りを実施した。フローボリュームの測定は、可能な限り素早く強く息を吐き出すことで、努力性の呼気に関する項目の測定を行うことができる。肺気量分画測定は、安静呼吸から息を吐く、吸う、吐くという過程を踏むことで、肺活量や一回の呼吸で空気を換気している量、残気量を測定することができる。また、測定の際は最大努力を引き出すように声掛けをしながら行った。呼吸機能測定をはじめて実施する被験者については、本測定の前に練習をして、どのような手法で測定を実施するかを理解させてから測定を行うこととした。

スパイロメーターによって測定可能な指標は、肺活量(L)・努力性肺活量(L)・一秒量(L)・最大中間呼気速度(L/S)・最大呼気流量(L/S)・予備吸気量(L)・予備呼気量(L)・一回換気量(L)の8項目である。肺活量は、肺の中にどれだけの空気が入るかを示した指標であり、空気を胸いっぱいまで吸った後、限界まで息を吐き出すことで測定を行う。努力性肺活量は、勢いよく限界まで息を吐き出すという点が肺活量と異なる。一秒量・最大中間呼気速度・最大呼気流量は、努力性肺活量の数値を基準とした項目であり、一秒量は努力性肺活量の内最初の一秒間に呼出された空気の量、最大中間呼気速度(L/S)は努力性呼気時の、25%~75%を吐いている際の最大の呼気の速さ、最大呼気流量は努力性呼気時の最も早く空気を吐き出していた際の呼気の速さをそれぞれ示している。予備吸気量は安静時の吸気終了後にそこから更に吸うことのできる空気の量、予

備呼気量は安静時の呼気終了後にそこから更に吐くことのできる空気の量、一回換気量は、一度の呼吸でどの程度の空気が肺を出入りしているかを示す指標である。すなわち、予備吸気量と予備呼気量と一回換気量の和は肺活量と同値を示す。それぞれの項目の詳細については、表に纏めた(表 1)。

3-4. 胸郭周径の測定

ストレッチングの実施前後で胸郭の拡張度あるいは収縮度に変化が表れるかを検討するために、ストレッチング実施前とストレッチング実施後に、それぞれ最大吸気時の胸郭周径及び最大呼気時の胸郭周径を測定することとした。また、最大吸気時の胸郭周径から、最大呼気時の胸郭周径を引くことで胸郭の拡張差を導くことができる。田平ら(1996)は、健常中高年者 200 名を対象に胸郭拡張差と肺機能の関係を調査し、剣状突起部における胸郭拡張差は肺活量と関係していることを示した³⁵⁾。ストレッチングの実施が呼吸機能に即時的な影響を与えるならば、最大吸気時及び最大呼気時の胸郭周径にもストレッチング前後で変化が現れる可能性がある。宮垣ら(2015)・若林ら(2016)の研究によれば、徒手的なストレッチングの実施では、胸郭の可動域は増大したと報告されている²⁵⁾²⁶⁾。本研究においても、ストレッチングの実施前後に呼吸機能測定を行うことに加え胸郭周径の測定を行い、セルフストレッチングが胸郭の拡張性・収縮性に与える即時効果についても調査することとした。

本研究においては田平らの報告に倣い、剣状突起部にて胸郭周径を測定することとし、最大吸気時と最大呼気時の胸郭拡張差と、最大吸気時及び最大呼気時のストレッチング実施前後での胸郭周径の差について検討することとした。Bookenhauer ら(2007)の、メジャーを用いた胸郭周

径の測定は信頼性が高いという報告から³⁶⁾、本実験においても測定はメジャーを用いて立位にて行うこととした(1 mm単位)。

3-5. ストレッチングについて

3-5-1. ストレッチングの方法

本研究において実施するストレッチングは、①30秒間×3の静的ストレッチング、②6秒間×3の静的ストレッチング、③15回×2の動的ストレッチングとした。①は、静的ストレッチングの持続時間は30秒が最も効果的であるというBandyら(1997)の報告に基づいて⁶⁾、静的ストレッチングの効果が最も反映されることが期待される持続時間として設定した。②は、谷澤ら(2014)の、「6秒間の静的ストレッチングは柔軟性の面では有意な向上は示さない一方で筋出力は有意に向上した」という報告³⁷⁾と、「一般的には静的ストレッチングは筋出力を低下させる」という報告¹⁰⁾から、①と比較することで呼吸筋についても他の骨格筋と同様の効果が表れるかを検討するために設定した。③は、動的ストレッチングが筋出力を有意に向上させるという効果⁵⁾¹⁰⁾が呼吸筋にも表れるかを調査するために設定した。①、②は谷澤らの実施した反復回数に基づき、30秒×3回及び6秒×3回実施することとした。③は、10～30回が動的ストレッチングの適切な量であるという山口ら(2012)の報告¹¹⁾に基づき、15回のストレッチングを2回、合計30回の動的ストレッチングを行うこととした。

3-5-2. 実施するストレッチングについて

実施するストレッチング方法を設定するために、3名の被験者を対象として予備調査を行った。実際に声優・ナレーターの養成機関で採用さ

れている 18 通りの静的ストレッチング（図 2）をそれぞれ 30 秒間実施させ、終了後に被験者に胸郭周辺の筋群への伸展の度合いを、「伸展していた」「少し伸展していた」「伸展を感じなかった」の 3 段階で評価させた（表 2）。18 通りのストレッチングの内、全ての被験者が「伸展していた」を選択したストレッチングと、独立行政法人環境再生保全機構（2002）の示す「呼吸筋ストレッチ体操」³⁸⁾の内容を照合し、妥当性のあるストレッチング方法を設定することとした。

予備調査を受け、本実験では 4 種類のストレッチングを実施することとした（図 3）。①は、胸を後方に引きながら下胸部を張ることで前胸部の呼吸筋群を、②及び③は上体を横に曲げることで側胸部の呼吸筋群を、④は両手を上に伸ばすことで、下胸部及び腹筋の呼吸筋群がそれぞれストレッチングされることが期待されている³⁸⁾。静的ストレッチングの際は図 2 の状態で静止し、動的ストレッチングの際は反動をつけて反復して実施することとした。ストレッチングは、静的ストレッチングと動的ストレッチングの比較をする目的で、同手法のストレッチングを実施することとした。

また、静的ストレッチングを実施する際の呼吸の仕方については、厚生労働省の示すストレッチングの際の 5 つの原則³²⁾を参考に、「呼吸を止めないこと」と「ゆっくりと深い呼吸」をすることを意識させた。動的ストレッチングを実施する際には、「呼吸筋ストレッチ体操」³⁸⁾の呼吸法を参考に、筋が伸展する際に息を吐き、伸展していない際に息を吸うこととした。

3-6. 統計処理

統計処理は、統計ソフト SPSS ver. 20 を使用し、2 要因分散分析によ

る分析を行うこととした。有意水準は 5%とした。

被験者内因子は『ストレッチング』と『時間』とし、ストレッチングの水準は、「30 秒間の静的ストレッチング」・「6 秒間の静的ストレッチング」・「動的ストレッチング」の 3 通り、時間の水準は「ストレッチング前」「ストレッチング後」の 2 通りとした。測定変数は、「肺活量」・「努力性肺活量」・「一秒量」・「最大中間呼気速度」・「最大呼気流量」・「予備吸気量」・「予備呼気量」・「一回換気量」の 8 項目の呼吸機能と、「胸郭拡張差」・「最大吸気時の胸郭周径」・「最大呼気時の胸郭周径」の 3 項目で、合計 11 項目とした

本研究では 3 通りのストレッチングそれぞれの前後で呼吸機能及び胸郭周径の測定を実施しているため、各ストレッチング実施前の測定から得られた数値を「100(%)」と定義し、ストレッチング実施後の数値を、「(ストレッチング実施後の測定の実測値) / (ストレッチング実施前の測定の実測値) × 100(%)」とすることで、変化率による分析を行うこととした。

分析の結果、有意な交互作用が認められたものについては単純主効果の検定を、有意な交互作用が認められなかったものについては、主効果の検定の後、多重比較検定 (Bonferroni) を行うこととし、ストレッチングの方法とストレッチングの実施前後について有意性を検討することとした。

第 4 章 結果

4-1. 呼吸機能測定

4-1-1. 肺活量

4-1-1-1. 肺活量の実測値及び変化率

表 3 と表 4 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、肺活量の実測値及び変化率である。30 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 4.42 ± 0.51 (L)、実施後の平均は 4.46 ± 0.57 (L) であり、また実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 100.92 ± 4.09 (%) であった。6 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 4.42 ± 0.59 (L)、実施後の平均は 4.54 ± 0.60 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は 102.67 ± 2.42 (%) であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 4.36 ± 0.55 (L)、実施後の平均は 4.46 ± 0.54 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 104.17 ± 3.07 (%) であった。

4-1-1-2. 分析の結果（肺活量）

表 5 は、測定変数を「肺活量の変化率 (%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 4 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められなかったため、主効果の検定を行った。多重比較検定の結果、ストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかった。ストレッチングの前後では、ストレッチング実施前からストレッチング実施後で、肺活量の有意な向上が認められた。

4-1-2. 努力性肺活量

4-1-2-1. 努力性肺活量の実測値及び変化率

表 6 と表 7 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、努力性肺活量の実測値及び変化率である。30 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.96 ± 0.46 (L)、実施後の平均は 3.88 ± 0.43 (L) であり、また実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 98.14 ± 2.40 (%) であった。6 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.83 ± 0.41 (L)、実施後の平均は 3.92 ± 0.43 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は 102.44 ± 1.98 (%) であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.84 ± 0.40 (L)、実施後の平均は 3.90 ± 0.44 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 101.67 ± 1.60 (%) であった。

4-1-2-2. 分析の結果（努力性肺活量）

表 8 は、測定変数を「努力性肺活量の変化率 (%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 5 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、ストレッチング方法については、30 秒間の静的ストレッチング実施後の努力性肺活量よりも、6 秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチング実施後の努力性肺活量が有意に高値を示した。ストレッチングの前後では、30 秒間の静的ストレッチング実施後に努力性肺活量は有意に低下し、6 秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチングの実施後には努力性肺活量は有意に向上した。

4-1-3. 一秒量

4-1-3-1. 一秒量の実測値及び変化率

表 9 と表 10 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、一秒量の実測値及び変化率である。30 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.32 ± 0.39 (L)、実施後の平均は 3.30 ± 0.38 (L) であり、また実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 98.62 ± 3.39 (%) であった。6 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.20 ± 0.40 (L)、実施後の平均は 3.29 ± 0.41 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は 102.71 ± 2.38 (%) であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.27 ± 0.33 (L)、実施後の平均は 3.28 ± 0.40 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 100.05 ± 3.39 (%) であった。

4-1-3-2. 分析の結果（一秒量）

表 11 は、測定変数を「一秒量の変化率 (%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 6 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、ストレッチング方法については、30 秒間の静的ストレッチング実施後の一秒量よりも、6 秒間の静的ストレッチング実施後の一秒量が有意に高値を示した。ストレッチングの前後では、6 秒間の静的ストレッチング実施後に一秒量は有意に向上した。

4-1-4. 最大中間呼気速度

4-1-4-1. 最大中間呼気速度の実測値及び変化率

表 12 と表 13 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、最大

中間呼気速度の実測値及び変化率である。30秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.64 ± 0.65 (L/S)、実施後の平均は 3.62 ± 0.55 (L/S) であり、また実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 100.11 ± 8.55 (%)であった。6秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.48 ± 0.81 (L/S)、実施後の平均は 3.44 ± 0.75 (L/S) であり、実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は 99.05 ± 3.73 (%)であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 3.58 ± 0.70 (L/S)、実施後の平均は 3.37 ± 0.62 (L/S) であり、実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 94.55 ± 9.17 (%)であった。

4-1-4-2. 分析の結果（最大中間呼気速度）

表 14 は、測定変数を「最大中間呼気速度の変化率(%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 7 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められなかったため、主効果の検定を行った。多重比較検定の結果、ストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかった。またストレッチングの前後でも、有意差は認められなかった。

4-1-5. 最大呼気流量

4-1-5-1. 最大呼気流量の実測値及び変化率

表 15 と表 16 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、最大呼気流量の実測値及び変化率である。30秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 7.00 ± 0.94 (L/S)、実施後の平均は 6.31 ± 1.32 (L/S) であり、また実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 89.68 ± 11.01 (%)であった。6秒間の静的ストレッチングについて、

実施前の平均は 6.87 ± 1.19 (L/S)、実施後の平均は 7.02 ± 1.46 (L/S) であり、実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は 101.89 ± 11.42 (%)であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 6.85 ± 1.34 (L/S)、実施後の平均は 7.19 ± 1.38 (L/S) であり、実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 105.46 ± 7.59 (%)であった。

4-1-5-2. 分析の結果（最大呼気流量）

表 17 は、測定変数を「最大呼気流量の変化率(%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 8 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、ストレッチング方法については、30 秒間の静的ストレッチング実施後の最大呼気流量よりも、6 秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチング実施後の最大呼気流量が有意に高値を示した。ストレッチングの前後では、30 秒間の静的ストレッチング実施後に最大呼気流量は有意に低下し、動的ストレッチング実施後には最大呼気流量は有意に向上した。

4-1-6. 予備吸気量

4-1-6-1. 予備吸気量の実測値及び変化率

表 18 と表 19 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、予備吸気量の実測値及び変化率である。30 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 2.39 ± 0.55 (L)、実施後の平均は 2.52 ± 0.67 (L) であり、また実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 105.29 ± 11.94 (%)であった。6 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 2.37 ± 0.56 (L)、実施後の平均は 2.58 ± 0.69 (L) であり、実

実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は 109.12 ± 14.43 (%)であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 2.36 ± 0.54 (L)、実施後の平均は 2.51 ± 0.54 (L)であり、実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 107.04 ± 7.15 (%)であった。

4-1-6-2. 分析の結果（予備吸気量）

表 20 は、測定変数を「予備吸気量の変化率(%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 9 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められなかったため、主効果の検定を行った。多重比較検定の結果、ストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかった。ストレッチングの前後では、ストレッチング実施前からストレッチング実施後で、予備吸気量の有意な向上が認められた。

4-1-7. 予備呼気量

4-1-7-1. 予備呼気量の実測値及び変化率

表 21 と表 22 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、予備呼気量の実測値及び変化率である。30 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 1.25 ± 0.26 (L)、実施後の平均は 1.15 ± 0.24 (L)であり、また実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 93.85 ± 21.65 (%)であった。6 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 1.24 ± 0.26 (L)、実施後の平均は 1.21 ± 0.19 (L)であり、実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は 99.85 ± 12.88 (%)であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 1.21 ± 0.34 (L)、実施後の平均は 1.22 ± 0.35 (L)であり、実施前を 100(%)とした際の実施後の変化率の平均は、 102.20 ± 13.42 (%)であった。

4-1-7-2. 分析の結果（予備呼気量）

表 23 は、測定変数を「予備呼気量の変化率(%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 10 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められなかったため、主効果の検定を行った。多重比較検定の結果、ストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかった。またストレッチングの前後でも、ストレッチングの実施前からストレッチングの実施後で有意差は認められなかった。

4-1-8. 一回換気量

4-1-8-1. 一回換気量の実測値及び変化率

表 24 と表 25 は、被験者 10 名について呼吸機能測定で得られた、一回換気量の実測値及び変化率である。30 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 0.68 ± 0.24 (L)、実施後の平均は 0.79 ± 0.31 (L) であり、また実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 119.31 ± 31.96 (%) であった。6 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 0.81 ± 0.39 (L)、実施後の平均は 0.77 ± 0.42 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は 96.87 ± 23.85 (%) であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 0.80 ± 0.50 (L)、実施後の平均は 0.73 ± 0.47 (L) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 93.93 ± 23.72 (%) であった。

4-1-8-2. 分析の結果（一回換気量）

表 26 は、測定変数を「一回換気量の変化率(%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 11 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、

有意な交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、ストレッチング方法については、30秒間の静的ストレッチング実施後の一回換気量は、6秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチング実施後の一回換気量よりも有意に高値を示した。ストレッチングの前後では、全てのストレッチング方法において、ストレッチングの実施前からストレッチングの実施後で有意差は認められなかった。

4-2. 胸郭周径の測定

4-2-1. 胸郭拡張差

4-2-1-1. 胸郭拡張差の実測値及び変化率

表 27 と表 28 は、被験者 10 名について、剣状突起部における最大吸気時の胸郭の周径から最大呼気時の胸郭の周径を引くことで得られた、胸郭拡張差の実測値及び変化率である。30秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 7.0 ± 2.3 (cm)、実施後の平均は 6.7 ± 1.8 (cm) であり、また実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 100.1 ± 19.9 (%) であった。6秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 7.0 ± 1.7 (cm)、実施後の平均は 6.7 ± 2.1 (cm) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は 95.8 ± 16.4 (%) であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 7.0 ± 1.9 (cm)、実施後の平均は 7.1 ± 2.3 (cm) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 101.5 ± 15.3 (%) であった。

4-2-1-2. 分析の結果（胸郭拡張差）

表 29 は、測定変数を「胸郭拡張差の変化率 (%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 12 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、

有意な交互作用が認められなかったため、主効果の検定を行った。多重比較検定の結果、ストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかった。またストレッチングの前後でも、ストレッチングの実施前からストレッチングの実施後で有意差は認められなかった。

4-2-2. 最大吸気時の胸郭周径

4-2-2-1. 最大吸気時の胸郭周径の実測値及び変化率

表 30 と表 31 は、被験者 10 名について、剣状突起部におけるストレッチング実施前の最大吸気時の胸郭の周径と、ストレッチング実施後の最大吸気時の胸郭の周径の実測値及び変化率である。30 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 93.9 ± 6.3 (cm)、実施後の平均は 93.2 ± 6.7 (cm) であり、また実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 99.1 ± 1.1 (%) であった。6 秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 93.5 ± 6.7 (cm)、実施後の平均は 93.9 ± 7.1 (cm) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は 100.5 ± 1.0 (%) であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 93.4 ± 7.7 (cm)、実施後の平均は 94.0 ± 7.6 (cm) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 100.7 ± 1.4 (%) であった。

4-2-2-2. 分析の結果（最大吸気時の胸郭周径）

表 32 は、測定変数を「最大吸気時の胸郭周径の変化率 (%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 13 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、ストレッチング方法については、30 秒間の静的ストレッチング実施後の最大吸気時の胸郭周径よりも、6 秒間の静的ストレッチ

ング実施後の最大吸気時の胸郭周径が有意に高値を示した。ストレッチングの前後では、30秒間の静的ストレッチング実施後に最大吸気時の胸郭周径は有意に低下した。

4-2-3. 最大呼気時の胸郭周径

4-2-3-1. 最大呼気時の胸郭周径の実測値及び変化率

表 33 と表 34 は、被験者 10 名について、剣状突起部におけるストレッチング実施前の最大呼気時の胸郭の周径と、ストレッチング実施後の最大呼気時の胸郭の周径の実測値及び変化率である。30秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 87.0 ± 7.1 (cm)、実施後の平均は 86.4 ± 7.8 (cm) であり、また実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 99.3 ± 1.5 (%) であった。6秒間の静的ストレッチングについて、実施前の平均は 86.5 ± 7.6 (cm)、実施後の平均は 87.1 ± 8.6 (cm) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は 100.7 ± 1.7 (%) であった。動的ストレッチングについて、実施前の平均は 86.5 ± 8.7 (cm)、実施後の平均は 87.0 ± 8.7 (cm) であり、実施前を 100 (%) とした際の実施後の変化率の平均は、 100.7 ± 2.0 (%) であった。

4-2-3-2. 分析の結果（最大呼気時の胸郭周径）

表 35 は、測定変数を「最大呼気時の胸郭周径の変化率 (%)」とした 2 要因分散分析の結果であり、図 14 はそれをグラフ化したものである。分析の結果、有意な交互作用が認められなかったため、主効果の検定を行った。多重比較検定の結果、ストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかった。またストレッチングの前後でも、ストレッチングの実施前からストレッチングの実施後で有意差は認められなかった。

第 5 章 考察

考察においては、30 秒間の静的ストレッチングを「30 秒ストレッチング」、6 秒間の静的ストレッチングを「6 秒ストレッチング」と記述することとする。

5-1. 肺活量について

肺活量について、ストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかったものの、ストレッチングの前後で肺活量が有意に向上するという結果が得られたことから、ストレッチングを実施することによって肺活量が有意に向上する可能性が示唆された。宮垣ら(2015)、若林ら(2016)は、胸郭や胸椎に対して徒手的な静的ストレッチングを施すことで肋間筋の弾性度が低下(柔軟性が向上)し、肺活量が有意に向上したことを報告している²⁵⁾²⁶⁾。本研究では、徒手的なストレッチングではなくセルフでのストレッチングを実施したが、宮垣ら・若林らの報告と同様に肺活量の有意な向上を示した。よって、肺活量については、セルフストレッチングにおいても徒手的なストレッチングと同様に肺活量を向上させる可能性が示唆された。若林らの研究において胸郭コンプライアンス(胸郭の柔軟性)が有意に向上したこと、及び渡辺ら(2014)が「肋間筋の柔軟性の向上が肺活量の増大に繋がる可能性が考えられる」と報告していることから³⁰⁾、胸郭周辺の筋群に対してセルフで実施するストレッチングは、肋間筋の柔軟性を向上させ肺活量を増大させると推察される。

また、予備吸気量について、肺活量と同様にストレッチング方法の違いによる有意差は認められなかったものの、ストレッチングの実施前後では有意な向上が認められた。予備吸気量は安静呼吸における吸気終了

時点から更に吸うことのできる空気の量を示した数値であり、(肺活量)=(予備吸気量+予備呼気量+一回換気量)で示されることから、(予備吸気量)=(肺活量)-(予備呼気量+一回換気量)である。ストレッチング実施後に、予備呼気量及び一回換気量が有意に変化していない一方で、予備吸気量が有意に向上していることから、肺活量の有意な向上を促した要因は、予備吸気量が有意に向上したことであると考えられる。すなわち、肺活量が有意に向上したことは、安静吸気終了時点から更に空気を吸う力が向上したためであると考えられる。安静吸気時には外肋間筋・横隔膜といった吸気筋群が働いているが、努力性吸気時には斜角筋・胸鎖乳突筋といった筋も補助的に働く。予備吸気は努力性の吸気であることから、ストレッチングの実施は、肋間筋だけでなく斜角筋・胸鎖乳突筋といった吸気筋群に対して影響を与えた可能性が考えられる。

5-2. 努力性呼気について

本研究で測定した呼吸機能の内、努力性肺活量・一秒量・最大中間呼気速度・最大呼気流量については努力性の呼気に関連する項目である。呼気に関係する筋である内肋間筋は安静呼吸時には働いていないが、努力性の呼気時に働くことで強く速い呼気を促す。本実験において、努力性肺活量は30秒ストレッチングを実施することで有意に低下し、6秒ストレッチング及び動的ストレッチングを実施することによって有意に向上した。これは、内肋間筋の筋出力が30秒ストレッチングにおいては低下し、6秒ストレッチング及び動的ストレッチング後には向上したためであると推察される。骨格筋については、30秒ストレッチングは筋出力の低下、6秒ストレッチング及び動的ストレッチングにおいては筋出力が向上すると報告されている⁵⁾⁶⁾³⁷⁾。本実験で得られた、各ストレッチ

ング実施による努力性肺活量の変化は、先行研究の骨格筋へのストレッチングに対する筋出力への影響についての報告を支持した。

ストレッチング方法の違いについて、6秒ストレッチングにおいては、一秒量がストレッチングの実施後に有意に向上していることから、努力性呼気の特に最初の一秒間に空気を吐き出す力が向上したと考えられる。

動的ストレッチングにおいては、動的ストレッチング実施後に一秒量及び最大中間呼気速度に有意な差が認められなかった一方で努力性肺活量が有意に向上していることから、勢いよく吐き出した後の残気を吐き出す力が向上したと考えられる（安静呼吸でないために予備呼気量とは異なる）。また最大呼気流量が有意に向上していることから、空気を強く素早く吐き出す力が向上したと考えられる。

30秒ストレッチングにおいては、30秒ストレッチング実施後に努力性肺活量が有意に低下している一方で、一秒量及び最大中間呼気速度に有意な差が認められなかったことから、勢いよく吐き出した後の残気を吐き出す力が低下したと考えられる。また最大呼気流量の有意な低下から空気を強く素早く吐き出す力が低下したと考えられる。

努力性肺活量において、30秒ストレッチング実施後より、6秒ストレッチング及び動的ストレッチング実施後が有意に高値を示したことから、ストレッチングによる即時的な呼気筋群の筋出力向上のためには、30秒ストレッチングの実施より、6秒ストレッチング及び動的ストレッチングを実施することが有用であると考えられる。また、30秒ストレッチング実施後の一秒量より6秒ストレッチング実施後の一秒量が有意に高値であったことから、静的ストレッチングを実施する際の伸長持続時間は呼気筋群の筋出力の即時的な向上という点では6秒ストレッチングが有用であると考えられる。

5-3. 換気について

一回換気量について、各ストレッチングについて、ストレッチングの前後では有意な差が認められなかった。一方で、30秒ストレッチングの実施は、6秒ストレッチング及び動的ストレッチングを実施するよりも、ストレッチング実施後に一回換気量が有意に高値を示した。堀本ら(2014)は、横隔膜の移動距離を超音波画像診断装置によって計測し、健常成人における横隔膜の移動距離と換気量の関係について検討した結果、横隔膜の移動距離と換気量には有意で高い相関関係があると結論付けている³⁹⁾。静的ストレッチングは、ゆっくりと深い呼吸を意識することが推奨されており³⁸⁾、本研究においてもそのように実施した。30秒ストレッチングは6秒ストレッチング及び動的ストレッチングと比較して長時間深い呼吸を実施していたため、横隔膜の移動距離が大きくなったために、他のストレッチング実施後よりも一回換気量が有意に高値を示した可能性が考えられる。

横隔膜が作用する呼吸は腹式呼吸と呼ばれる。千住ら(1990)は健常者を対象に腹式呼吸を指導した後、胸式呼吸と腹式呼吸を織り交ぜて階段の昇り降り運動を実施させ、呼吸法の違いによる一回換気量、呼吸数の変化を検討した⁴⁰⁾。その結果、腹式呼吸時には胸式呼吸時よりも一回換気量が有意に高値を示したことから、腹式呼吸を実施することは、横隔膜の作用が少ない胸式呼吸を行うよりも、一回換気量が有意に向上すると報告している。

本研究において、30秒ストレッチング実施後の一回換気量が6秒ストレッチング及び動的ストレッチングよりも有意に高値を示した点と、30秒ストレッチングの実施前後で、有意ではないものの一回換気量が向上

の傾向にあったことから ($p=0.09$)、30 秒ストレッチングは呼吸の様式を胸式呼吸から腹式呼吸に近づける可能性があると考えられる。

5-4. 胸郭周径について

胸郭周径の測定について、胸郭拡張差及び最大呼気時の胸郭周径については、ストレッチングの方法及びストレッチングの実施前後でいずれも有意な変化は認められなかった。一方で、最大吸気時の胸郭周径については、30 秒ストレッチング実施前後の胸郭周径の差より、6 秒ストレッチング実施前後の胸郭周径の差が有意に高値を示した。また 30 秒ストレッチングについては、実施後に最大吸気時の胸郭周径が有意に低下した。富田ら (2004) は、胸式呼吸と腹式呼吸における横隔膜運動について検討をした結果、「横隔膜運動は腹式呼吸で有意に増加する傾向があり、胸郭運動の変化は腹式呼吸で減少する傾向があった。この事から、腹式呼吸では胸郭の拡張が少なく、(中略) 逆に胸式呼吸では胸郭の拡張が多くなる。」と報告している⁴¹⁾。本実験において 30 秒ストレッチングの実施後に最大吸気時の胸郭周径が有意に低下したことは、胸式で行っていた呼吸が腹式の呼吸様式に近づいたため、胸郭の拡張の度合いが低下した可能性が考えられる。よって、腹式の呼吸様式のトレーニングのために静的ストレッチングを実施する際は、6 秒程度の短い伸長持続時間ではなく 30 秒程度の伸長持続時間を設定することが有用である可能性が示唆された。

5-5. 各ストレッチングの効果

本研究では、セルフストレッチングを実施することで肺活量が有意に向上した。しかし、30 秒ストレッチングと、6 秒ストレッチング及び動

的ストレッチングでは、肺活量が向上した理由が異なると考えられる。

6 秒ストレッチング及び動的ストレッチングにおいては、努力性肺活量が有意に向上したことより、ストレッチングによって内肋間筋の筋出力が向上したことが肺活量の有意な向上に繋がったと推察される。

一方で、30 秒ストレッチングについては、一回換気量が他のストレッチングより有意に高値を示し、また最大吸気時の胸郭周径がストレッチング実施後に有意に低下している。先行研究の示す①横隔膜の移動距離が一回換気量と高い相関を持つ³⁹⁾、②腹式呼吸時には、胸式呼吸時よりも一回換気量が有意に高値を示す⁴⁰⁾、③腹式の呼吸様式では胸郭の拡張が少なくなる⁴¹⁾という 3 点より、30 秒ストレッチング実施後には、胸式呼吸から横隔膜を利用した腹式呼吸の呼吸様式に近づいたため、肺活量が有意に向上したと考えられる。

以上より、胸郭周辺の筋群をストレッチングする際には、努力性呼吸の能力を向上させる目的では 6 秒ストレッチングまたは動的ストレッチングが有用であり、換気能力の向上及び腹式の呼吸様式を目指す目的では 30 秒ストレッチングを実施することが有用であると考えられる。

5-6. 先行研究との対比

本研究では、胸郭周辺の筋群に対するセルフストレッチングの効果を、呼吸機能測定及び胸郭周径の測定を行うことで検討した。先行研究の示す、30 秒ストレッチングは筋出力が低下し、6 秒ストレッチング及び動的ストレッチングでは筋出力が向上するといった各ストレッチングの骨格筋の筋出力への影響についての報告は、胸郭周辺の筋群に対しても同様の効果が得られると考えられた。また、ストレッチングを徒手的行った先行研究と同様に、本研究で実施したセルフストレッチングが肺活

量を有意に向上させたことから、本研究から得られた結果は、先行研究の報告を支持する結果となり、徒手的であるかセルフであるかを問わず胸郭周辺の筋群に対してストレッチングを実施することが、肺活量の有意な向上に繋がる可能性が示唆された。

一方で、胸郭周辺の筋群の内、何れの筋が伸展したことが結果に直接影響を及ぼしたかについては、本研究及び先行研究においても検討できていないため、今後の課題である。

第 6 章 結論

本研究の目的は、胸郭周辺の筋群に対するセルフストレッチングを実施し、呼吸機能及び胸郭周径に及ぼす即時効果を検討することで、セルフストレッチングの意義を明らかにすることであった。ストレッチングは、30 秒間の静的ストレッチング、6 秒間の静的ストレッチング、動的ストレッチングの 3 通りを実施した。

呼吸機能において、肺活量及び予備吸気量は、ストレッチングの実施後に有意な向上が認められた。努力性肺活量は、30 秒間の静的ストレッチング実施後の努力性肺活量よりも、6 秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチング実施後の努力性肺活量が有意に高値を示した。また努力性肺活量は、30 秒間の静的ストレッチング実施後には有意に低下し、6 秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチングの実施後には有意に向上した。一秒量は、30 秒間の静的ストレッチング実施後の一秒量よりも、6 秒間の静的ストレッチング実施後の一秒量が有意に高値を示した。また 6 秒間の静的ストレッチング実施後に一秒量は有意に向上した。最大呼気流量は、30 秒間の静的ストレッチング実施後の最大呼気流量よりも、6 秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチング実施後の最

大呼気流量が有意に高値を示した。また、最大呼気流量は 30 秒間の静的ストレッチング実施後に有意に低下し、動的ストレッチング実施後に有意に向上した。一回換気量は、30 秒間の静的ストレッチング実施後の一回換気量が、6 秒間の静的ストレッチング及び動的ストレッチング実施後の一回換気量よりも有意に高値を示した。

胸郭周径の測定において、最大吸気時の胸郭周径は、30 秒間の静的ストレッチング実施前後の胸郭周径の変化量よりも、6 秒間の静的ストレッチング実施前後の胸郭周径の変化量が有意に高値を示した。また、30 秒間の静的ストレッチング実施後に最大吸気時の胸郭周径は有意に低下した。

肺活量を有意に向上させたことから、セルフストレッチングは肺活量については徒手的なストレッチングとほぼ同様の効果を与え得ると考えられた。また、呼吸筋に対する静的ストレッチング・動的ストレッチングは、呼気時に利用する筋群に対して四肢筋をはじめとした他の骨格筋に対する即時効果と同様の効果を与え、筋出力の向上あるいは低下に繋がると考えられた。呼気筋における筋出力の向上は、努力性の呼気の有意な向上に繋がると考えられる。また、呼吸筋に対して 30 秒間の静的ストレッチングを実施することは、呼吸の様式を胸式呼吸から腹式呼吸の傾向に近づける可能性が考えられた。

以上の結果から、胸郭周辺の筋群に対するセルフストレッチングは呼吸機能に即時的な影響を与えられとされる。また、努力性呼気的能力を向上させる目的では 6 秒間の静的ストレッチングまたは動的ストレッチングが有用であり、換気的能力を向上させて腹式の呼吸様式を目指す目的では 30 秒間の静的ストレッチングを実施することが有用である可能性が示唆された。

引用・参考文献

- 1) 橋本勲, 進藤宗洋, 熊谷秋三, 森山善彦, 矢崎俊樹, 北島久雄, 田中宏暁, 村上寿利. 新エスカ 21 運動生理学第四版. 同文書院出版. 1999
- 2) 山口太一, 石井好二郎. ストレッチングの方法と効果. からだの科学 (245). 24-31. 2005
- 3) 市橋則明. ストレッチングのエビデンス. 理学療法学第 41 巻第 8 号. 531-534. 2014
- 4) Duncan MJ, Woodfield LA. Acute effects of warm up protocol on flexibility and vertical jump in children. J Exerc Physiol 9(3). 9-16. 2006
- 5) 山口太一, 石井好二郎. 運動前のストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について-近年のストレッチング研究の結果をもとに-. CREATIVE STRETCHING5. 1-18. 2007.
- 6) Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility. Phys Ther77(10). 1090-6. 1997
- 7) Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance : a systematic review. Med Sci Sports Exerc 44(1). 154-64. 2012
- 8) G Papadopoulos, T Siatras, S Kellis. The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. Isokinetics Exerc Sci 13. 285-291. 2005.
- 9) Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, McHugh MP, Stout JR. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris

muscle. J Strength Cond Res 22(3). 809-817. 2008

10) Carvalho FL, Carvalho MC, Simão R, Gomes TM, Costa PB, Neto LB, Carvalho RL, Dantas EH. Acute Effects Of A Warm-Up Including Active, Passive, And Dynamic Stretching On Vertical Jump Performance. J Strength Cond Res 26(9). 2447-2452. 2012

11) 山口太一, 石井好二郎. 研究結果からウォームアップにおけるより良いパフォーマンスを発揮するためのダイナミックストレッチングの方法を考える. Creative Stretching(21). 1-6. 2012

12) 内海景憲, 山口太一, 石井好二郎. ダイナミックストレッチングにスタティックストレッチングを序並み合わせたプロトコルが膝関節伸展パワーに及ぼす急性の効果. トレーニング科学 22(1). 39-48. 2010

13) 中村浩一, 兒玉隆之, 向野義人, 鈴木重行, 福良剛志, 大和千絵. ヒラメ筋に対するストレッチ効果の筋電図的解析. Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy Vol4 No3. 125-128. 2014

14) 植木純, 神津玲, 大平徹郎, 桂秀樹, 黒澤一, 安藤守秀, 佐野裕子, 佐野恵美香, 石川朗, 高橋仁美, 北川知佳, 玉木彰, 関川清一, 吉川雅則, 津田徹. 呼吸リハビリテーションに関するステートメント. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌第 27 巻第 2 号. 95-114. 2018

15) 近藤和雄, 脊山洋右, 藤原葉子, 森田寛. スタンダード栄養・食物シリーズ 3 人体の構造と機能 I 解剖・生理学第一版. 東京化学同人出版. 2003

16) 宮川哲夫. 呼吸筋トレーニング. 理学療法学第 15 巻第 2 号. 208-216. 1998

17) 佐々木誠, 黒澤一, 上月正博. 吸気筋・呼気筋トレーニングの単独効果ならびに併用した場合の効果. 理学療法学

Supplement2002(0).431-431.2003

18)秋吉史博,高橋仁美,菅原慶勇,佐竹將宏,塩谷隆信.呼吸筋強化が呼吸筋力に及ぼす影響.理学療法学第28巻第2号.47-52.2001

19)“スレシヨルドIMT”.

<https://www.chest-mi.co.jp/dl-documents/wp-content/uploads/sites/8/2018/07/858679dff0d302a68970770c507d7da8> 動的ストレッチング

(accessed 2020-1-24)

20)解良武士,古泉一久.呼吸筋トレーニングによる持久性能力の向上の可能性.理学療法科学24(5).767-775.2009

21)大倉和貴,甲斐学,川越厚良,菅原慶勇,高橋仁美,塩谷隆信.高負荷圧呼吸筋トレーニングが若年競泳選手のパフォーマンス向上へ及ぼす効果.日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌第24巻第2号.268-274.2013

22)古賀秀作,金子秀雄.呼吸筋トレーニングによって肺機能が改善した漏斗胸の一症例.第50回日本理学療法学会大会.2015

23)阿部肇,竹村英和.ボート選手の試合期における呼吸筋トレーニングの有用性に関する検討.仙台大学大学院スポーツ科学研究科修士論文集第11巻.207-216.2010

24)山地啓司.呼吸筋トレーニングは呼吸機能やスポーツパフォーマンスを改善するか～これからの研究のための概念と方向性に関するレビュー～.体力科学第66巻第3号.171-184.2017

25)宮垣さやか,長谷川聡,梅垣雄心,中村雅俊,小林拓也,田中浩基,梅原潤,藤田康介,市橋則明.胸椎伸展ストレッチングが呼吸機能へ与える即時効果の検討.第50回日本理学療法学会大会.2015

- 26) 若林みなみ, 間瀬教史, 山本健太, 吉川千尋, 野添匡史, 木原一晃, 尾崎孝平. 胸郭ストレッチングが胸郭コンプライアンス、呼吸機能に与える即時効果について. 第 51 回日本理学療法学会大会. 2016
- 27) 鈴木克昌, 高橋仁美, 菅原慶勇, 笠井千景, 清川憲孝, 渡邊暢, 藤井清佳, 柏倉剛, 佐竹将宏, 塩谷隆信. 肺機能予測としての胸郭拡張差測定の有用性の検討. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌 17 巻 2 号. 148-152. 2007
- 28) 小池友和, 藤谷順子, 西垣有希子, 安藤武, 關口相和子, 山下祥平, 川村和也, 藤江正克. 胸郭可動域と深呼吸時の換気量との関連について. 理学療法-臨床・研究・教育 24 巻 1 号. 36-39. 2017
- 29) 内川智貴, 坂野裕洋, 柳瀬準. ダイレクトストレッチングの実施時間の違いが骨格筋の伸張性に及ぼす影響について, 第 51 回日本理学療法学会大会. 2016
- 30) 渡辺充, 長谷川聡, 中村雅俊, 梅垣雄心, 西下智, 小林拓也, 市橋則明. 胸郭可動域トレーニングによる肋間筋の柔軟性および肺機能の即時変化—せん断波エラストグラフィ機能を用いた検討—. 第 49 回日本理学療法学会大会. 2014
- 31) 解良武士, 古泉一久. 呼吸筋トレーニングによる持久性能力の向上の可能性. 理学療法科学 24(5). 765-775. 2009
- 32) “厚生労働省”
<https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/exercise/s-04-007.html> (accessed 2019-11-23)
- 33) 水野貴正, ストレッチング・サイエンス～ストレッチング研究の成果を現場に活かすために～. 中京大学体育研究所紀要 Vol131. 89-96. 2017

- 34)メディカルレビュー社.日本呼吸器学会肺生理専門委員会編：呼吸機能検査ガイドライン.12-16.2007
- 35)田平一行,神津玲,千住秀明.中高年者における胸郭拡張差を加味した肺機能予測式の検討.理学療法学第23巻第2号.66-71.1996
- 36)Bockenbauer SE,Chen H,Julliard KN,Weedon J.Measuring thoracic excursion:Reliability of cloth tape measure technique.J Am Osteopath Assoc105(5).191-196.2007
- 37)谷澤真,飛永敬志,伊藤俊一.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21.51-55.2014
- 38)独立行政法人環境再生保全機構.呼吸筋ストレッチ体操解説編.公害健康被害補償予防協会.2002
- 39)堀本佳誉,吉田晋,大谷拓哉,三和真人.横隔膜の移動距離と換気量の関係.第49回日本理学療法学会大会抄録集第41巻2号.2014
- 40)千住秀明,神津玲,佐藤豪.運動負荷に対する心肺機能の反応-階段昇降における腹式呼吸法の有効性について-.長崎大学医療技術短期大学部紀要第3巻.53-61.1990
- 41)富田和秀,居村茂幸,阪井康友,門間正彦.MRIを用いた胸式呼吸と腹式呼吸における横隔膜運動の動的解析.第39回日本理学療法学会大会抄録集第31巻2号.2004





実験について

実験の流れ
 女性呼吸機能測定→胸郭拡張差の測定→Oストレッチング→☆ストレッチング→☆呼吸機能測定→△胸郭拡張差の測定
 (ストレッチングの内容を変えて、合計3回実施します。)

女性呼吸機能の測定について
 測定の際はノーズクリップを着用して口からの呼吸のみとし、2通りの測定を実施します。
 【フローボリュームカウプ】
 吸う→吐く
 ① 空気を限界まで吸い込んで下さい。
 ② 可能な限り**勢よく**息を吐ききって下さい。
 【肺気量分圧測定】
 安静呼吸→吐く→吸う→吐く
 ① 安静呼吸をして下さい。
 ② 途中で「吐いて！」という指示を出しますので、空気を限界まで吐ききって下さい。
 ③ 吐ききった後「吸って！」という指示を出しますので、限界まで息を吸って下さい。
 ④ 最後に「吐いて！」という指示を出しますので、息を吐ききって終了です。
 ※②からは、**勢よく吐く必要はありません**。
 ※③は、**安静呼吸の途中で「吐いて！」**という指示を出します。そこで息を吸ってから吐くのではなく、指示のあったその時点から空気を吐き出して下さい。

△胸郭拡張差の測定
 剣状突起部における、最大吸気時と最大呼気時の胸郭拡張差をメジャーで測定します (1mm単位)。

Oストレッチングについて
 以下のストレッチングを、持続時間・方法を覚えて実施します。
 1 回目：30秒間の静的ストレッチング×3
 2 回目：6秒間の動的ストレッチング×3
 3 回目：15回の動的ストレッチング×2
 ※静的ストレッチングは、「少し痛いくらい」の強度で伸ばし続けて下さい。

1	両手を後ろで掴み、肩の間に両手を繋ぐように下に引っ張る。	
2	両手を肩の上に上げ、片方の手でもう一方の手を引っ張るようにつまむ。	
3	片方の脚を曲げ、伸ばした方の足の上へ上体を倒す。逆側の足は上から倒す。	
4	胸を大きくするようにして両手を肩の上に引っ張って伸ばす。背伸びはしない。	

実施するストレッチング
 2つ目と3つ目は左右があります。
 静的ストレッチングは×3回、動的ストレッチングは×2回実施します。
 静的ストレッチングは、最大まで伸ばした状態から時間を測ります。

実験の流れ

↓

①呼吸機能の測定
 (別紙参照)

↓

②胸郭周径の測定
 剣状突起部における
 最大吸気時と最大呼気時の周径を測定
 1回目：静的ストレッチング30秒×3
 2回目：静的ストレッチング6秒×3
 3回目：動的ストレッチング15回×2

↓

④インターバル(2分間)
 呼吸を整える時間

↓

⑤呼吸機能の測定
 (別紙参照)

↓

⑥胸郭周径の測定
 剣状突起部における
 最大吸気時と最大呼気時の周径を測定

図 1. 実験プロトコル

表 1. 測定する呼吸機能

指標	単位	内容
肺活量	L	肺の中に入る空気の種類
努力性肺活量	L	勢いよく息を吐き出した際の空気の種類
一秒量	L	努力性肺活量の内、最初の一秒間で吐き出された空気の種類
最大中間呼吸速度	L/S	努力性呼吸時の、25%~75%を吐いている際の最大の呼吸の速度
最大呼気流量	L/S	努力性呼吸時の、最も早く空気を吐き出していた際の速度
予備吸気量	L	安静時の吸気終了時点から、更に吸うことのできる空気の種類
予備呼気量	L	安静時の呼気終了時点から、更に吐くことのできる空気の種類
一回換気量	L	一度の呼吸で肺を出入りしている空気の種類

1	両手を上げて片腕の肘を曲げて、もう一方の手で肘を下に押す。		7	膝を曲げ反対の足にかける。曲げた足を反対の手で押すようにして伸ばす。		13	足を90度曲げ、膝も90度曲げる。両手を膝の内側に入れて支える。	
2	両手を後ろで組み、組んだまま胸を開くように下に引っ張る。		8	両足の裏をつけて、膝が床につきように意識して伸ばす。		14	仰向けで両手両足を伸ばし、背中がすべて床につくように意識して伸ばす。	
3	両手を上に上げ、片方の手でもう一方の手を横へ引っ張るように伸ばす。		9	片方の足首を両手で抱え込み引き上げて、胸に近づけるようにして伸ばす。		15	片方の膝を両手で抱え込み、胸に近づけるようにして伸ばす。	
4	肩や背中が丸くならないように上半身を倒す。腕の力を抜く。		10	横になってバランスを取り、上側の足を片手で上に高く引き上げる。		16	片足を膝から曲げて、身体をひねるようにして反対側に倒す。	
5	胸を張って、踵に体重を乗せるようにして膝を曲げて腰を落とす。		11	片方の膝を曲げて体の横に倒す。膝を床に着けるように意識する。		17	脇を締めて両手を肘から曲げて胸を開き、手のひらを肩へ持っていく。	
6	床に座り、両手の肘を曲げて両手の肘を曲げ手を肩へ持っていく胸を開く。		12	片方の膝を曲げ、伸ばした方の足へ上体を倒す。逆側の手は上から倒す。		18	胸を開くようにして身体を上側に引っ張って伸ばす。背伸びはしない。	

図 2. 予備調査で実施したストレッチング

表 2. 予備調査で実施したストレッチングの評価

No.	被験者1	被験者2	被験者3	No.	被験者1	被験者2	被験者3	No.	被験者1	被験者2	被験者3
1	△	△	○	7	△	○	○	13	×	△	被験者3
2	○	○	○	8	△	△	△	14	○	○	被験者2
3	○	○	○	9	△	×	△	15	×	△	被験者3
4	×	×	×	10	△	△	△	16	△	△	被験者2
5	△	△	△	11	×	×	△	17	△	△	被験者3
6	△	△	△	12	○	○	○	18	○	○	被験者2




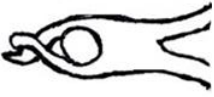
1	両手を後ろで組み、組んだまま胸を開くように下に引っ張る。	
2	両手を上に上げ、片方の手でもう一方の手を横へ引っ張るように伸ばす。	
3	片方の膝を曲げ、伸ばした方の足へ上体を倒す。逆側の手は上から倒す。	
4	胸を開くようにして身体を上へ引っ張って伸ばす。背伸びはしない。	

図 3. 実施するストレッチング

表 3. 肺活量 実測値 (L)

肺活量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	5.05	4.98	5.04	5.16	5.00	5.04
被験者2	4.51	4.71	4.41	4.59	4.48	4.53
被験者3	4.31	4.17	4.24	4.39	4.21	4.16
被験者4	4.76	4.81	4.88	5.05	4.86	4.82
被験者5	3.71	3.47	3.56	3.67	3.53	3.55
被験者6	4.57	4.68	4.60	4.51	4.51	4.56
被験者7	4.12	4.18	4.21	4.18	4.17	4.31
被験者8	5.24	5.36	5.39	5.61	5.16	5.35
被験者9	3.76	3.77	3.58	3.81	3.60	3.82
被験者10	4.15	4.50	4.32	4.42	4.05	4.47

表 4. 肺活量 変化率 (%)

肺活量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.00	98.61	100.00	102.38	100.00	103.20
被験者2	100.00	104.43	100.00	104.08	100.00	102.46
被験者3	100.00	96.75	100.00	103.54	100.00	104.28
被験者4	100.00	101.05	100.00	103.48	100.00	103.91
被験者5	100.00	93.53	100.00	103.09	100.00	103.97
被験者6	100.00	102.41	100.00	98.04	100.00	100.00
被験者7	100.00	101.46	100.00	99.29	100.00	100.24
被験者8	100.00	102.29	100.00	104.08	100.00	108.72
被験者9	100.00	100.27	100.00	106.42	100.00	105.83
被験者10	100.00	108.43	100.00	102.31	100.00	109.14

表 5. ストレッチング前後の肺活量 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定
	df	F	偏 η^2	
ストレッチング	2	3.12	0.07	n.s.
誤差	18	(4.24)		30秒静的, 6秒静的, 動的 : n.s.
時間	1	13.33	0.005	**
誤差	9	(7.55)		ストレッチング前<ストレッチング後
ストレッチング×時間	2	3.12	0.07	n.s.
誤差	18	(4.24)		

注)** : $p < 0.01$, n.s. : not significant

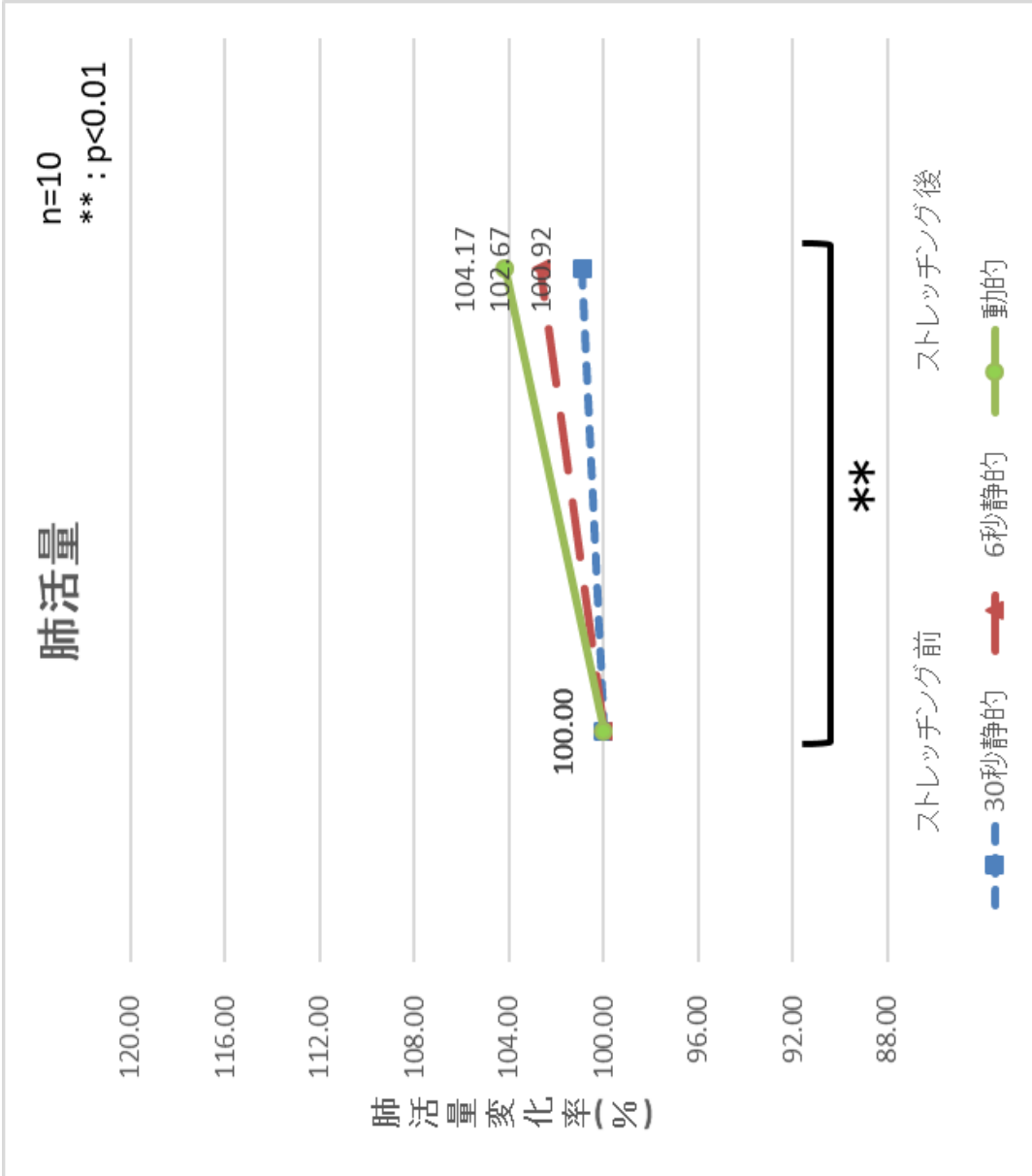


図 4. ストレッチング前後の肺活量 分散分析の結果

表 6. 努力性肺活量 実測値 (L)

努力性肺活量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	4.33	4.18	4.28	4.33	4.20	4.23
被験者2	3.99	3.92	3.93	4.00	3.83	3.93
被験者3	3.76	3.54	3.73	3.80	3.57	3.59
被験者4	4.26	4.31	4.22	4.30	4.21	4.29
被験者5	3.25	3.26	3.12	3.21	3.14	3.20
被験者6	3.83	3.88	3.93	3.95	3.87	3.85
被験者7	3.74	3.69	3.67	3.69	3.76	3.81
被験者8	4.93	4.73	4.41	4.70	4.54	4.77
被験者9	3.60	3.56	3.53	3.60	3.47	3.57
被験者10	3.91	3.76	3.45	3.63	3.79	3.80

表 7. 努力性肺活量 変化率 (%)

努力性肺活量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.00	96.54	100.00	101.17	100.00	100.71
被験者2	100.00	98.25	100.00	101.78	100.00	102.61
被験者3	100.00	94.15	100.00	101.88	100.00	100.56
被験者4	100.00	101.17	100.00	101.90	100.00	101.90
被験者5	100.00	100.31	100.00	102.88	100.00	101.91
被験者6	100.00	101.31	100.00	100.51	100.00	99.48
被験者7	100.00	98.66	100.00	100.54	100.00	101.33
被験者8	100.00	95.94	100.00	106.58	100.00	105.07
被験者9	100.00	98.89	100.00	101.98	100.00	102.88
被験者10	100.00	96.16	100.00	105.22	100.00	100.26

表 8 ストレッチング前後の努力性肺活量 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定
	df	F	P	
ストレッチング	2	12.18	0.00	0.58
誤差	18	(2.16)	**	
時間	1	4.69	0.06	0.34
誤差	9	(1.80)	n.s.	
ストレッチング×時間	2	12.18	0.00	0.58
誤差	18	(2.16)	**	

注)** : p<0.01 , n.s. : not significant

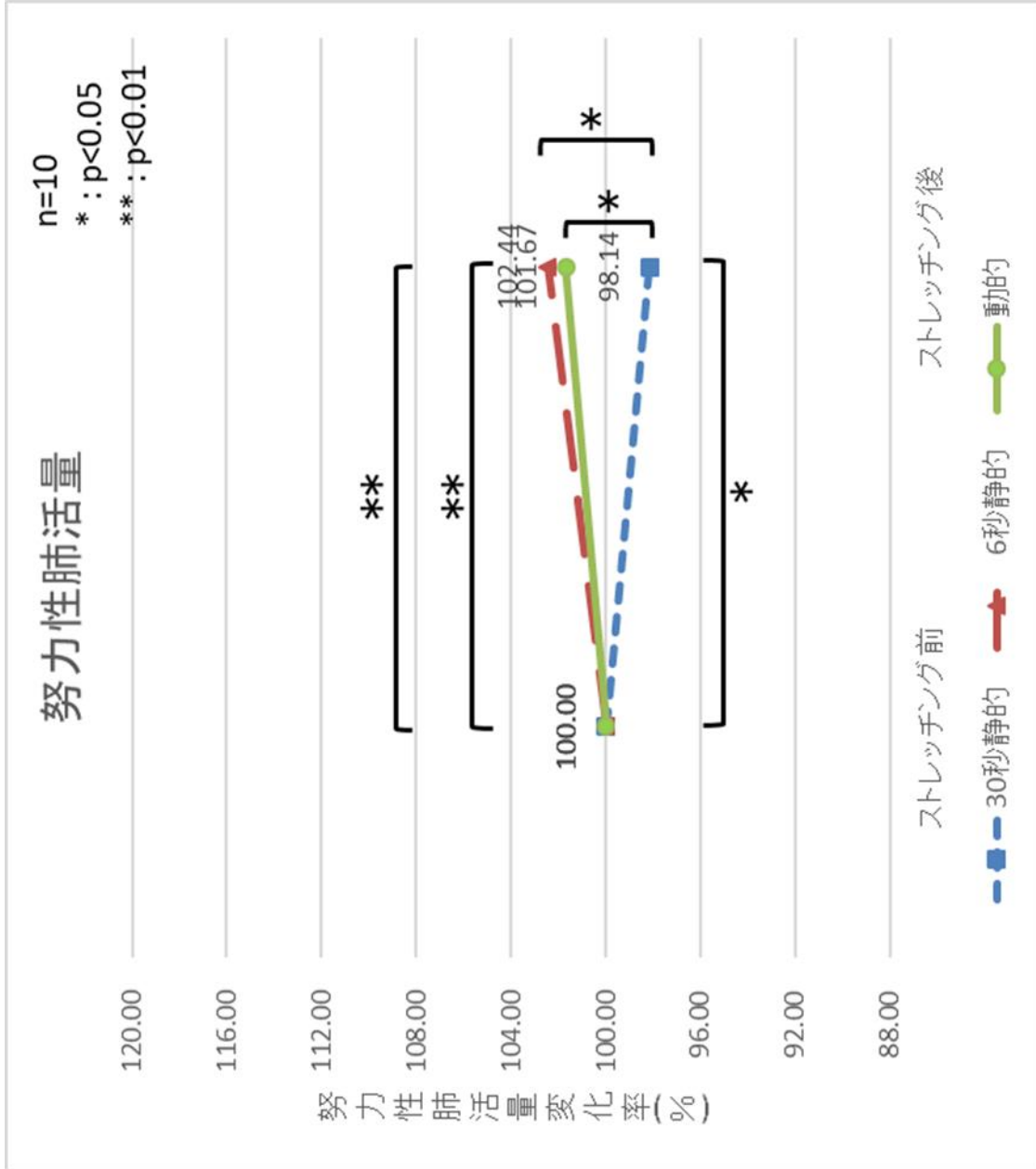


図 5. ストレッチング前後の努力性肺活量 分散分析の結果

表 9. 一秒量 実測値 (L)

一秒量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	3.57	3.55	3.52	3.60	3.47	3.50
被験者2	3.25	3.25	3.17	3.25	3.07	3.17
被験者3	3.20	3.07	3.05	3.22	3.00	3.10
被験者4	3.65	3.67	3.57	3.65	3.55	3.55
被験者5	2.85	2.95	2.40	2.50	2.72	2.57
被験者6	3.15	3.20	3.20	3.17	3.20	3.12
被験者7	3.15	3.10	3.12	3.12	3.25	3.30
被験者8	4.20	4.15	3.77	4.00	3.90	4.10
被験者9	3.45	3.15	3.40	3.42	3.40	3.32
被験者10	3.02	2.92	2.82	2.95	3.12	3.02

表 10. 一秒量 変化率 (%)

一秒量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.00	99.44	100.00	102.27	100.00	100.86
被験者2	100.00	100.00	100.00	102.52	100.00	103.26
被験者3	100.00	95.94	100.00	105.57	100.00	103.33
被験者4	100.00	100.55	100.00	102.24	100.00	100.00
被験者5	100.00	103.51	100.00	104.17	100.00	94.49
被験者6	100.00	101.59	100.00	99.06	100.00	97.50
被験者7	100.00	98.41	100.00	100.00	100.00	101.54
被験者8	100.00	98.81	100.00	106.10	100.00	105.13
被験者9	100.00	91.30	100.00	100.59	100.00	97.65
被験者10	100.00	96.69	100.00	104.61	100.00	96.79

表 11. ストレッチング前後の一秒量 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定	
	df	F	P		偏 η^2
ストレッチング	2	4.64	0.02	*	ストレッチング前 : n.s.
誤差	18	(4.64)			ストレッチング後 : 30秒静的 < 6秒静的
時間	1	0.64	0.45	n.s.	30秒静的 : n.s.
誤差	9	(5.07)			6秒静的 : ストレッチング前 < ストレッチング後
ストレッチング × 時間	2	4.64	0.02	*	動的 : n.s.
誤差	18	(4.64)			

注)* : $p < 0.05$, n.s. : not significant

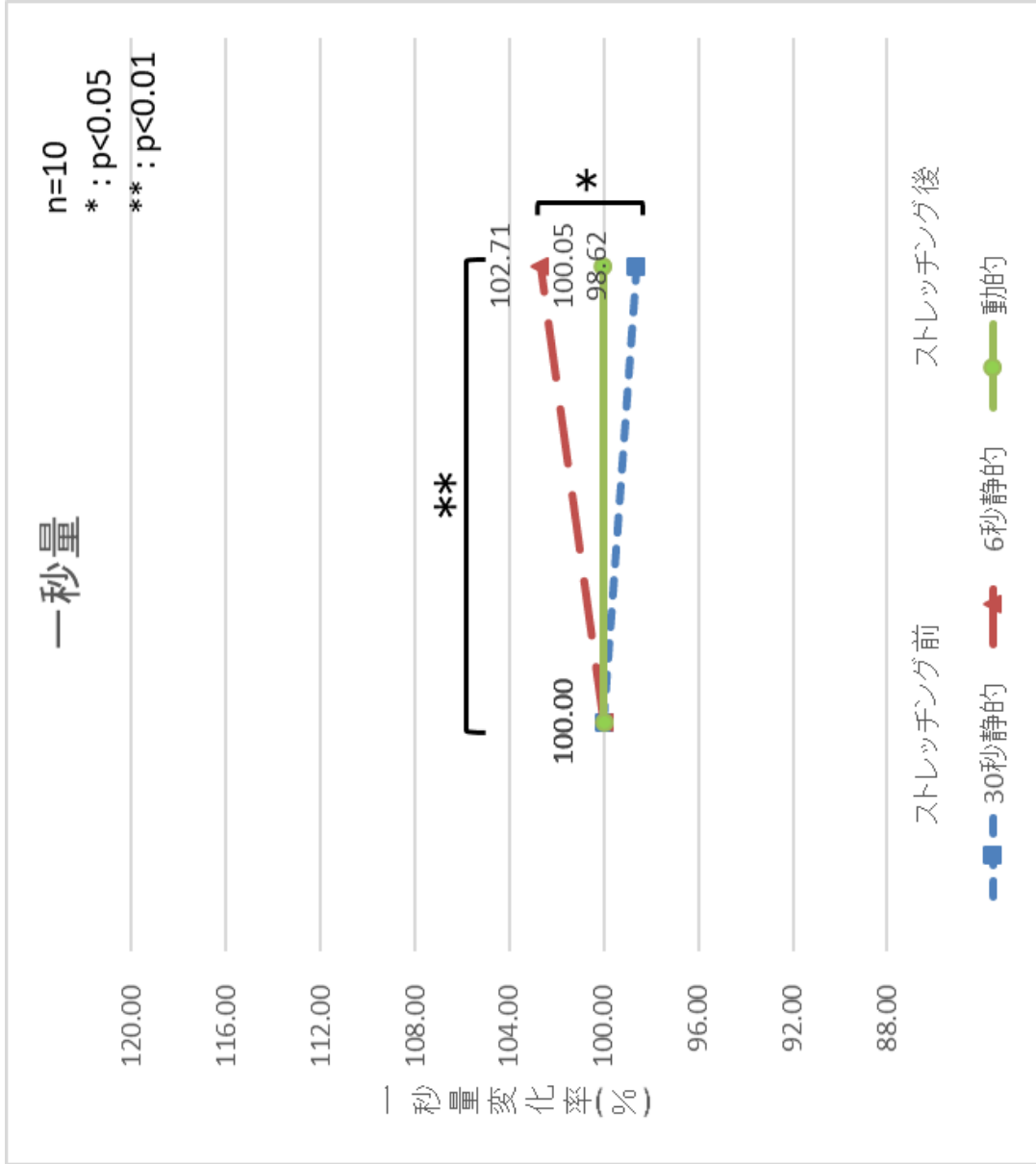


図 6. ストレッチング前後の一秒量 分散分析の結果

表 12. 最大中間呼氣速度 實測值 (L/S)

最大中間呼氣速度	30秒靜前	30秒靜後	6秒靜前	6秒靜後	動前	動後
被驗者1	3.65	3.87	3.67	3.68	3.57	3.42
被驗者2	3.20	3.31	3.06	3.11	2.90	3.11
被驗者3	3.63	3.56	3.68	3.66	3.20	3.37
被驗者4	4.26	4.03	4.04	4.11	3.75	3.60
被驗者5	3.54	3.64	2.31	2.24	3.13	2.49
被驗者6	3.14	3.29	3.14	2.99	3.34	3.04
被驗者7	3.16	3.45	3.25	3.11	3.51	3.33
被驗者8	4.38	4.66	3.94	4.02	4.13	4.28
被驗者9	4.77	3.81	5.13	4.76	5.29	4.43
被驗者10	2.68	2.57	2.57	2.69	3.00	2.65

表 13. 最大中間呼氣速度 變化率 (%)

最大中間呼氣速度	30秒靜前	30秒靜後	6秒靜前	6秒靜後	動前	動後
被驗者1	100.00	106.03	100.00	100.27	100.00	95.80
被驗者2	100.00	103.44	100.00	101.63	100.00	107.24
被驗者3	100.00	98.07	100.00	99.46	100.00	105.31
被驗者4	100.00	94.60	100.00	101.73	100.00	96.00
被驗者5	100.00	102.82	100.00	96.97	100.00	79.55
被驗者6	100.00	104.78	100.00	95.22	100.00	91.02
被驗者7	100.00	109.18	100.00	95.69	100.00	94.87
被驗者8	100.00	106.39	100.00	102.03	100.00	103.63
被驗者9	100.00	79.87	100.00	92.79	100.00	83.74
被驗者10	100.00	95.90	100.00	104.67	100.00	88.33

表 14. ストレッチング前後の最大中間呼気速度 分散分析の結果

要因	分散分析				多重比較検定
	df	F	P	偏 η^2	
ストレッチング	2	2.22	0.14	n.s.	30秒静的, 6秒静的, 動的 : n.s.
誤差	18	(19.60)			
時間	1	1.43	0.26	n.s.	ストレッチング前, ストレッチング後 : n.s.
誤差	9	(46.36)			
ストレッチング × 時間	2	2.22	0.14	n.s.	
誤差	18	(19.60)			
注) n.s. : not significant					



図 7. ストレッチング前後の最大中間呼気速度 分散分析の結果

表 15. 最大呼気流量 実測値 (L/S)

最大呼気流量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	9.00	7.88	8.79	9.27	8.48	9.35
被験者2	6.44	6.59	6.07	7.26	6.47	7.44
被験者3	6.24	5.63	7.07	7.46	6.50	6.52
被験者4	7.67	8.38	8.63	8.10	8.18	8.75
被験者5	6.56	4.74	5.04	3.90	4.10	4.83
被験者6	6.64	5.63	6.31	6.44	6.06	6.03
被験者7	8.01	7.86	7.74	8.13	8.62	8.54
被験者8	6.74	5.94	6.44	7.17	6.65	7.30
被験者9	5.95	4.67	6.32	5.94	6.77	6.44
被験者10	6.75	5.78	6.27	6.56	6.63	6.68

表 16. 最大呼気流量 変化率 (%)

最大呼気流量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.00	87.56	100.00	105.46	100.00	110.26
被験者2	100.00	102.33	100.00	119.60	100.00	114.99
被験者3	100.00	90.22	100.00	105.52	100.00	100.31
被験者4	100.00	109.26	100.00	93.86	100.00	106.97
被験者5	100.00	72.26	100.00	77.38	100.00	117.80
被験者6	100.00	84.79	100.00	102.06	100.00	99.50
被験者7	100.00	98.13	100.00	105.04	100.00	99.07
被験者8	100.00	88.13	100.00	111.34	100.00	109.77
被験者9	100.00	78.49	100.00	93.99	100.00	95.13
被験者10	100.00	85.63	100.00	104.63	100.00	100.75

表 17. ストレッチング前後の最大呼気流量 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定	
	df	F	P		偏 η^2
ストレッチング 誤差	2 18	8.25 (41.50)	0.00 **	0.48	ストレッチング前 : n.s. ストレッチング後 : 30秒静的<6秒静的 30秒静的<動的
時間 誤差	1 9	0.21 (71.66)	0.66 n.s.	0.02	30秒静的 : ストレッチング前>ストレッチング後 6秒静的 : n.s. 動的 : ストレッチング前<ストレッチング後
ストレッチング×時間 誤差	2 18	8.25 (41.50)	0.00 **	0.48	

注)** : p<0.01 , n.s. : not significant

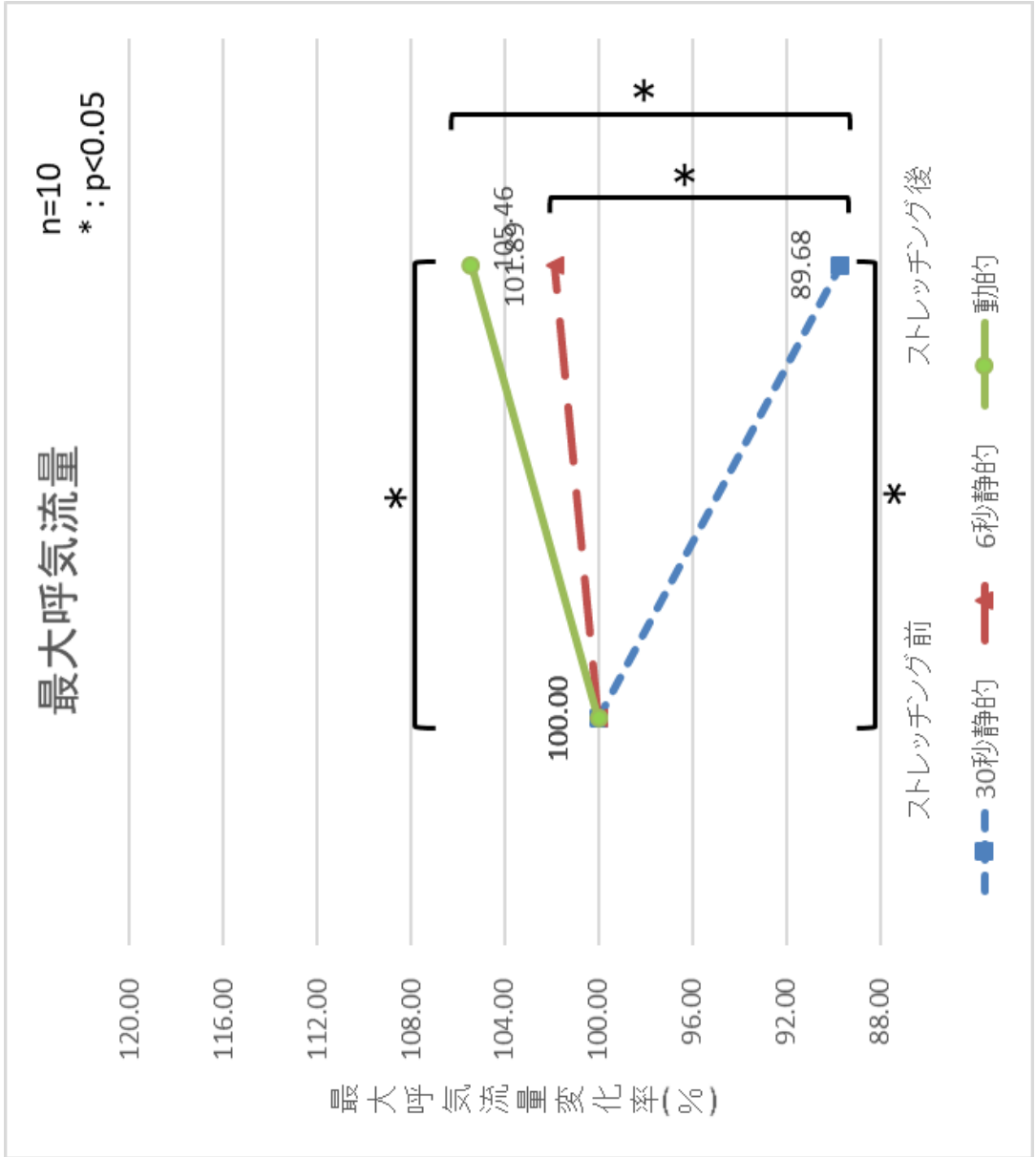


図 8. ストレッチング前後の最大呼気流量 分散分析の結果

表 18. 予備吸気量 実測値 (L)

予備吸気量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	2.97	3.11	2.93	3.11	3.02	2.92
被験者2	2.93	2.65	2.45	2.54	2.54	2.51
被験者3	2.50	2.62	2.65	2.76	2.44	2.77
被験者4	2.13	2.23	2.17	2.10	2.16	2.16
被験者5	1.59	1.52	1.69	2.05	2.01	2.03
被験者6	2.61	3.38	3.08	2.95	2.65	2.91
被験者7	1.87	1.74	1.79	1.86	2.08	2.37
被験者8	2.95	3.37	2.80	4.02	3.22	3.50
被験者9	1.60	1.86	1.48	1.71	1.38	1.59
被験者10	2.73	2.72	2.69	2.70	2.05	2.31

表 19. 予備吸気量 変化率 (%)

予備吸気量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.00	104.71	100.00	106.14	100.00	96.69
被験者2	100.00	90.44	100.00	103.67	100.00	98.82
被験者3	100.00	104.80	100.00	104.15	100.00	113.52
被験者4	100.00	104.69	100.00	96.77	100.00	100.00
被験者5	100.00	95.60	100.00	121.30	100.00	101.00
被験者6	100.00	129.50	100.00	95.78	100.00	109.81
被験者7	100.00	93.05	100.00	103.91	100.00	113.94
被験者8	100.00	114.24	100.00	143.57	100.00	108.70
被験者9	100.00	116.25	100.00	115.54	100.00	115.22
被験者10	100.00	99.63	100.00	100.37	100.00	112.68

表 20. ストレッチング前後の予備吸気量 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定	
	df	F	P		偏 η^2
ストレッチング	2	0.31	0.74	0.03	30秒静的, 6秒静的, 動的 : n.s.
誤差	18	(59.01)			
時間	1	9.25	0.01	0.51	ストレッチング前<ストレッチング後
誤差	9	(82.93)		*	
ストレッチング×時間	2	0.31	0.74	0.03	
誤差	18	(59.01)		n.s.	

注)* : p<0.05 , n.s. : not significant

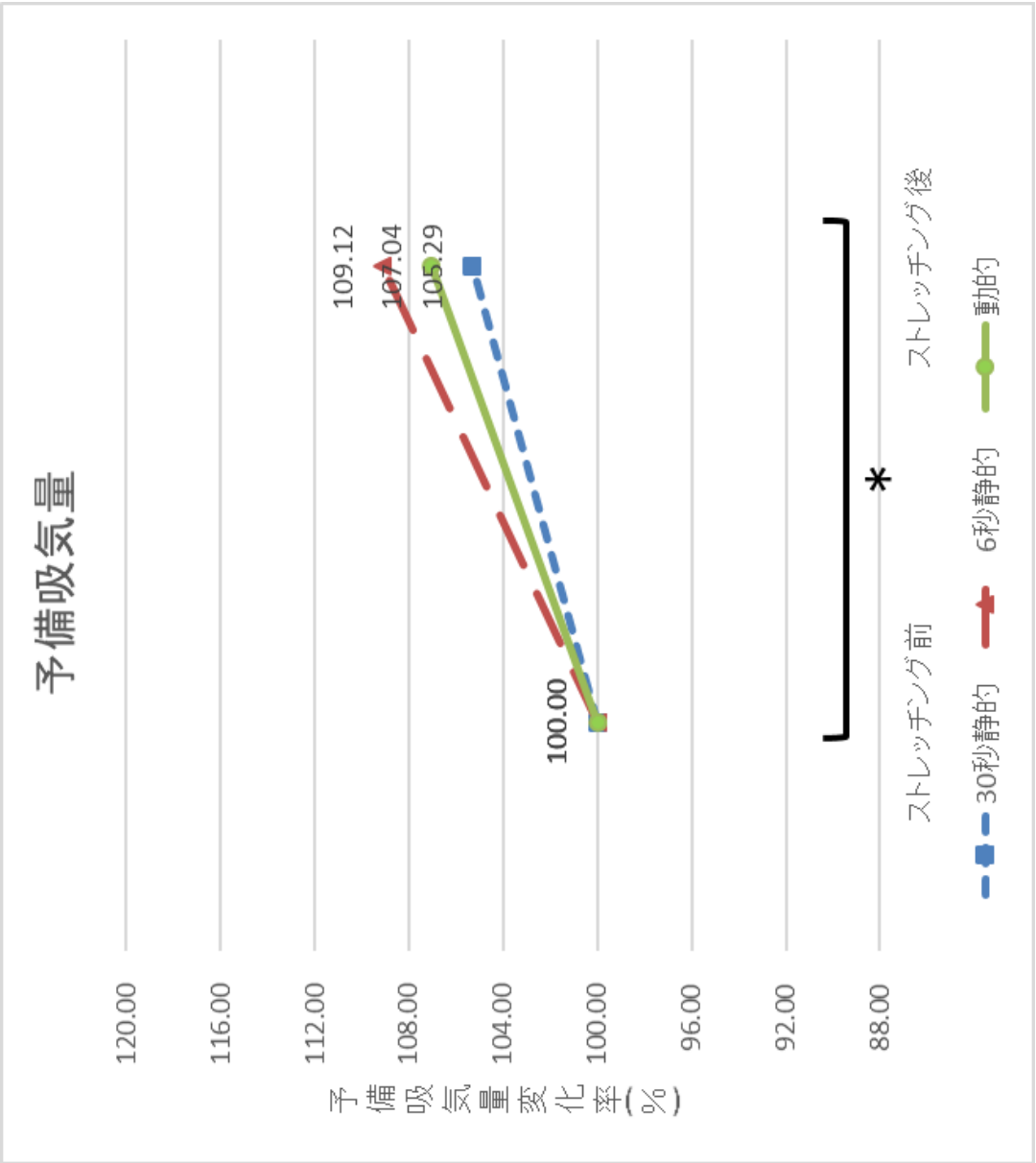


図 9. ストレッチング前後の予備吸気量 分散分析の結果

表 21. 予備呼気量 実測値 (L)

予備呼気量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	1.60	1.23	1.54	1.42	1.42	1.46
被験者2	1.17	1.46	1.41	1.45	1.34	1.32
被験者3	1.15	0.87	0.78	0.96	0.87	0.65
被験者4	0.97	1.27	1.05	1.13	0.56	0.66
被験者5	1.31	0.85	1.36	1.11	1.01	1.02
被験者6	1.00	0.89	0.95	0.93	0.93	1.12
被験者7	1.50	1.21	1.19	1.29	1.60	1.44
被験者8	1.37	1.34	1.54	1.23	1.37	1.55
被験者9	1.59	1.43	1.45	1.47	1.57	1.58
被験者10	0.88	0.95	1.11	1.15	1.38	1.42

表 22. 予備呼気量 変化率 (%)

予備呼気量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.00	76.88	100.00	92.21	100.00	102.82
被験者2	100.00	124.79	100.00	102.84	100.00	98.51
被験者3	100.00	75.65	100.00	123.08	100.00	74.71
被験者4	100.00	130.93	100.00	107.62	100.00	117.86
被験者5	100.00	64.89	100.00	81.62	100.00	100.99
被験者6	100.00	89.00	100.00	97.89	100.00	120.43
被験者7	100.00	80.67	100.00	108.40	100.00	90.00
被験者8	100.00	97.81	100.00	79.87	100.00	113.14
被験者9	100.00	89.94	100.00	101.38	100.00	100.64
被験者10	100.00	107.95	100.00	103.60	100.00	102.90

表 23. ストレッチング前後の予備呼気量 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定
	df	F	偏 η^2	
ストレッチング	2	0.76	0.48	n.s.
誤差	18	(122.14)	0.08	30秒静的, 6秒静的, 動的 : n.s.
時間	1	0.17	0.69	n.s.
誤差	9	(162.92)	0.02	ストレッチング前, ストレッチング後 : n.s.
ストレッチング×時間	2	0.76	0.48	n.s.
誤差	18	(122.14)	0.08	

注) n.s. : not significant

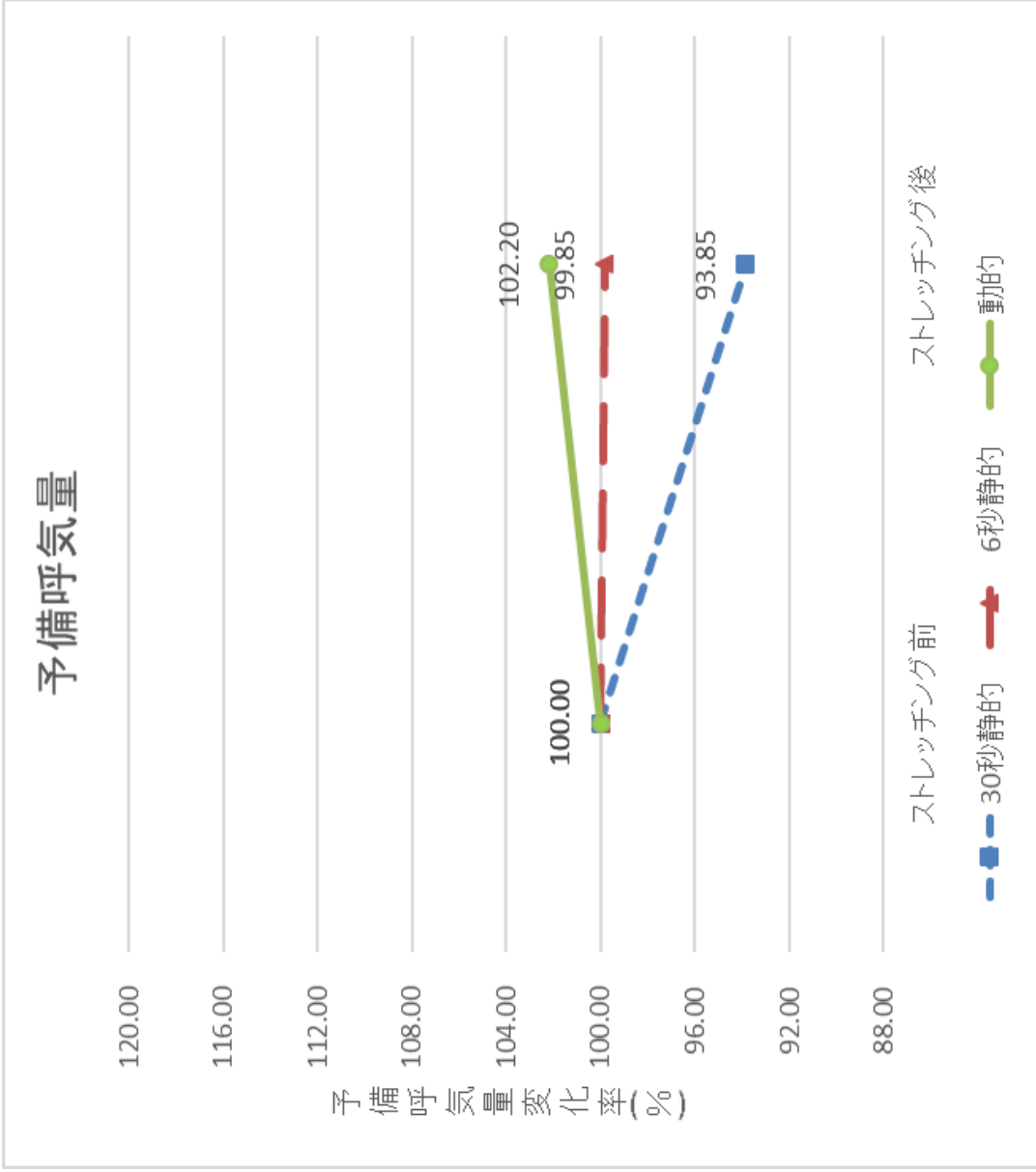


図 10. ストレッチング前後の予備呼気量 分散分析の結果

表 24. 一回換氣量 実測値 (L)

一回換氣量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	0.48	0.64	0.57	0.63	0.56	0.66
被験者2	0.41	0.60	0.55	0.60	0.60	0.70
被験者3	0.66	0.68	0.81	0.67	0.90	0.74
被験者4	1.16	1.31	1.66	1.68	2.14	2.00
被験者5	0.81	1.10	0.51	0.51	0.51	0.50
被験者6	0.46	0.41	0.57	0.63	0.93	0.53
被験者7	0.75	1.23	1.23	1.40	0.49	0.50
被験者8	0.92	0.65	1.05	0.36	0.57	0.30
被験者9	0.57	0.48	0.65	0.63	0.65	0.65
被験者10	0.54	0.83	0.52	0.57	0.62	0.74

表 25. 一回換氣量 変化率 (%)

一回換氣量	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.00	133.33	100.00	110.53	100.00	117.86
被験者2	100.00	146.34	100.00	109.09	100.00	116.67
被験者3	100.00	103.03	100.00	82.72	100.00	82.22
被験者4	100.00	112.93	100.00	101.20	100.00	93.46
被験者5	100.00	135.80	100.00	100.00	100.00	98.04
被験者6	100.00	89.13	100.00	110.53	100.00	56.99
被験者7	100.00	164.00	100.00	113.82	100.00	102.04
被験者8	100.00	70.65	100.00	34.29	100.00	52.63
被験者9	100.00	84.21	100.00	96.92	100.00	100.00
被験者10	100.00	153.70	100.00	109.62	100.00	119.35

表 26. ストレッチング前後の一回換気量 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定
	df	F	P	
ストレッチング	2	8.55	0.00	0.49
誤差	18	(112.77)	**	
時間	1	0.20	0.67	0.02
誤差	9	(850.89)	n.s.	
ストレッチング×時間	2	8.55	0.00	0.49
誤差	18	(112.77)	**	

注)** : p<0.01 , n.s. : not significant

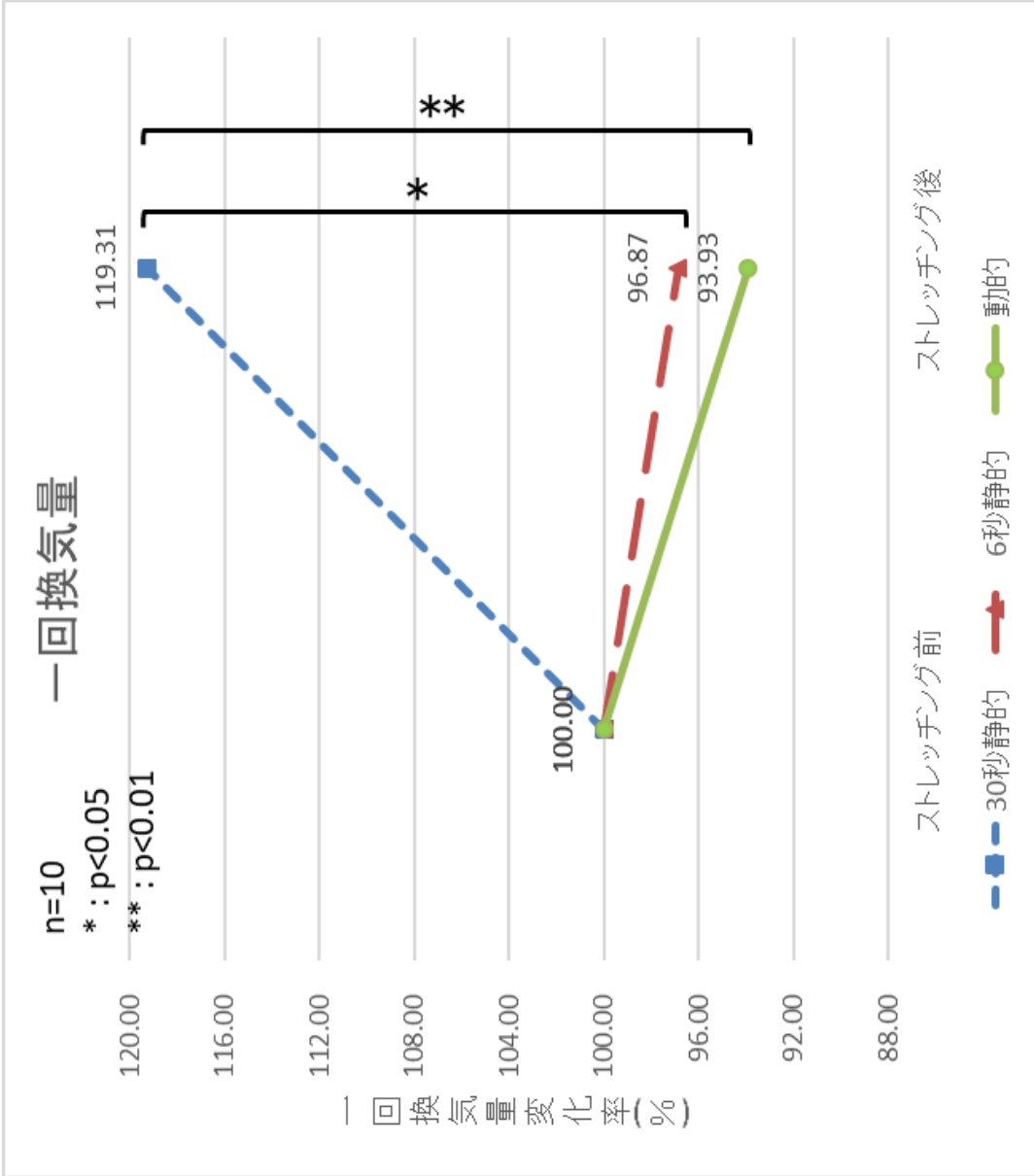


図 11. ストレッチング前後の一回換気量 分散分析の結果

表 27. 胸郭拡張差 実測値 (cm)

胸郭拡張差	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	9.0	7.1	6.1	5.7	6.0	7.2
被験者2	4.3	5.2	5.2	5.9	6.7	6.3
被験者3	6.0	5.6	6.0	4.9	5.1	4.9
被験者4	4.6	6.4	7.5	7.5	6.6	6.6
被験者5	8.1	7.4	7.3	8.2	8.2	6.7
被験者6	6.0	4.5	5.5	3.3	5.9	4.7
被験者7	9.4	8.4	9.4	8.1	9.8	9.9
被験者8	11.2	10.4	10.0	10.2	10.5	12.0
被験者9	6.2	7.1	7.6	8.3	6.4	6.5
被験者10	5.0	5.3	5.2	5.2	4.5	5.7

表 28. 胸郭拡張差 変化率 (%)

胸郭拡張差	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.0	78.9	100.0	93.4	100.0	120.0
被験者2	100.0	120.9	100.0	113.5	100.0	94.0
被験者3	100.0	93.3	100.0	81.7	100.0	96.1
被験者4	100.0	139.1	100.0	100.0	100.0	100.0
被験者5	100.0	91.4	100.0	112.3	100.0	81.7
被験者6	100.0	75.0	100.0	60.0	100.0	79.7
被験者7	100.0	89.4	100.0	86.2	100.0	101.0
被験者8	100.0	92.9	100.0	102.0	100.0	114.3
被験者9	100.0	114.5	100.0	109.2	100.0	101.6
被験者10	100.0	106.0	100.0	100.0	100.0	126.7

表 29. ストレッチング前後の胸郭拡張差 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定
	df	F	P	
ストレッチング	2	0.42	0.48	30秒静的, 6秒静的, 動的 : n.s.
誤差	18	(104.02)		
時間	1	0.04	0.69	ストレッチング前, ストレッチング後 : n.s.
誤差	9	(240.69)		
ストレッチング×時間	2	0.42	0.48	
誤差	18	(104.02)		
注) n.s. : not significant				

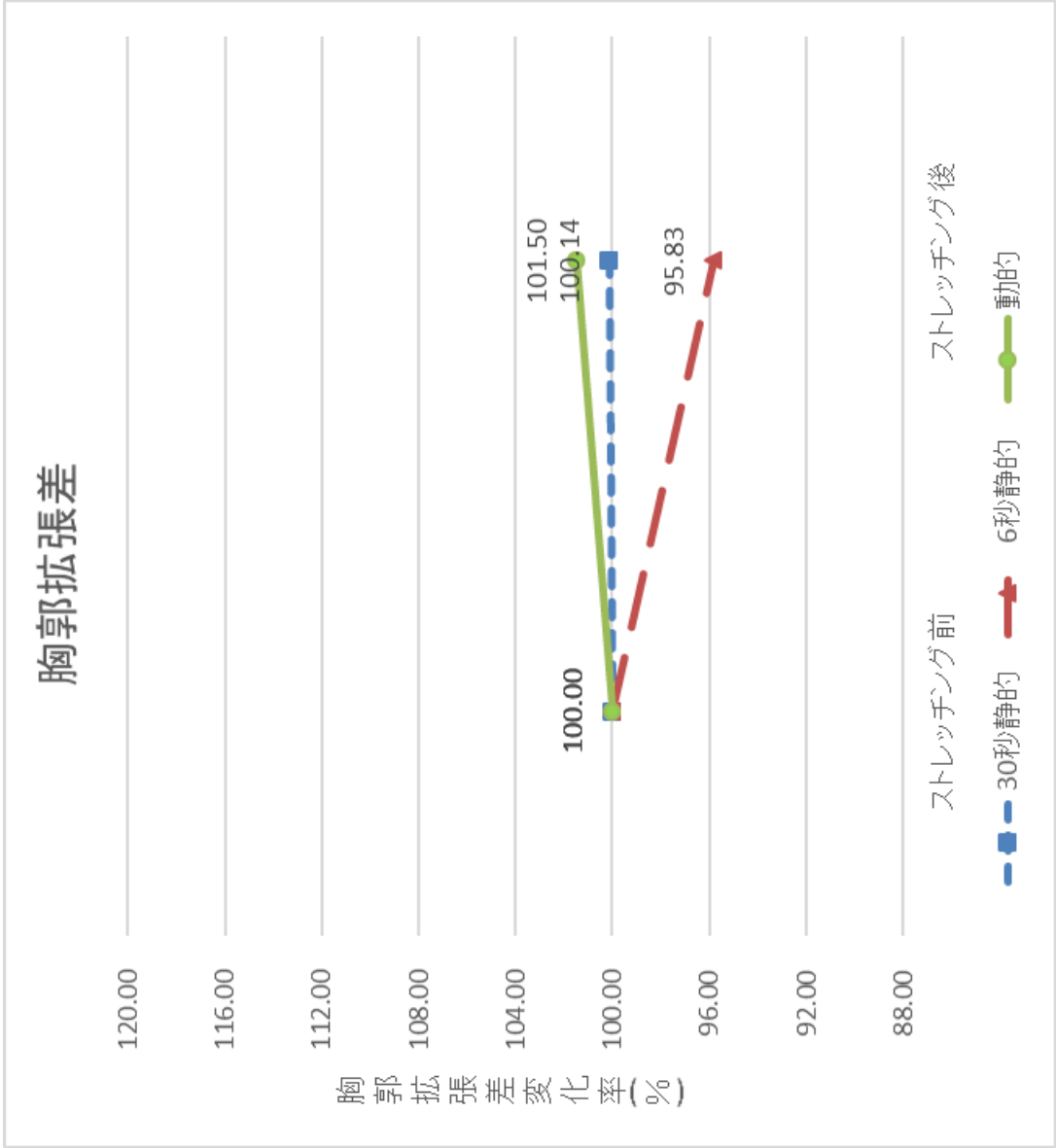


図 12. ストレッチング前後の胸部拡張差 分散分析の結果

表 30. 最大吸気時の胸郭周径 実測値 (cm)

吸気時胸郭周径	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	93.3	91.9	93.6	93.4	93.4	93.2
被験者2	92.4	90.9	91.8	93.2	92.8	94.6
被験者3	97.6	95.8	97.9	96.6	96.8	97.2
被験者4	93.8	94.4	92.9	94.1	93.7	93.3
被験者5	89.0	88.4	89.1	89.8	88.2	88.8
被験者6	109.6	110.6	109.9	111.9	112.8	113.5
被験者7	87.4	86.4	85.4	86.2	84.2	86.7
被験者8	95.3	93.1	94.3	95.0	92.4	94.8
被験者9	88.8	89.0	88.2	88.1	88.2	88.0
被験者10	92.2	91.0	91.5	90.9	91.7	90.3

表 31. 最大吸気時の胸郭周径 変化率 (%)

吸気時胸郭周径	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.0	98.5	100.0	99.8	100.0	99.8
被験者2	100.0	98.4	100.0	101.5	100.0	101.9
被験者3	100.0	98.2	100.0	98.7	100.0	100.4
被験者4	100.0	100.6	100.0	101.3	100.0	99.6
被験者5	100.0	99.3	100.0	100.8	100.0	100.7
被験者6	100.0	100.9	100.0	101.8	100.0	100.6
被験者7	100.0	98.9	100.0	100.9	100.0	103.0
被験者8	100.0	97.7	100.0	100.7	100.0	102.6
被験者9	100.0	100.2	100.0	99.9	100.0	99.8
被験者10	100.0	98.7	100.0	99.3	100.0	98.5

表 32. ストレッチング前後の最大吸気時の胸郭周径 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定	
	df	F	P		偏 η^2
ストレッチング 誤差	1.23 11.00	5.82 (0.99)	0.03 *	0.39	ストレッチング前 : n.s. ストレッチング後 : 30秒静的 <6秒静的
時間 誤差	1.00 9.00	0.69 (0.89)	0.69 n.s.	0.02	30秒静的 : ストレッチング前 > ストレッチング後 6秒静的 : n.s. 動的 : n.s.
ストレッチング × 時間 誤差	1.23 11.00	5.82 (0.99)	0.03 *	0.39	

注)* : $p < 0.05$, n.s. : not significant

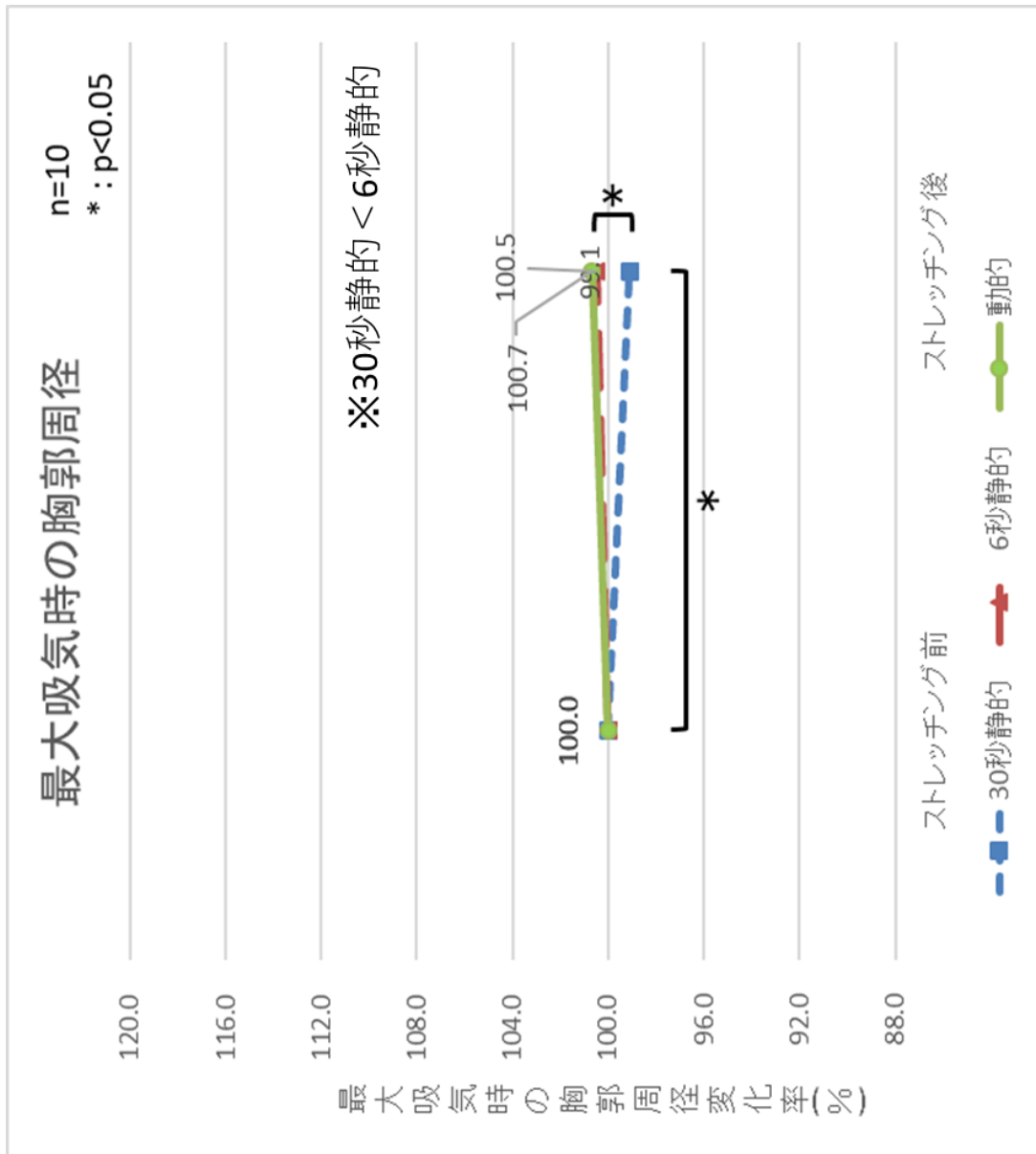


図 13. ストレッチング前後の最大吸気時の胸部周径 分散分析の結果

表 33. 最大呼気時の胸郭周径 実測値 (cm)

呼気時胸郭周径	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	84.3	84.8	87.5	87.7	87.4	86.0
被験者2	88.1	85.7	86.6	87.3	86.1	88.3
被験者3	91.6	90.2	91.9	91.7	91.7	92.3
被験者4	89.2	88.0	85.4	86.6	87.1	86.7
被験者5	80.9	81.0	81.8	81.6	80.0	82.1
被験者6	103.6	106.1	104.4	108.6	106.9	108.8
被験者7	78.0	78.0	76.0	78.1	74.4	76.8
被験者8	84.1	82.7	84.3	84.8	81.9	82.8
被験者9	82.6	81.9	80.6	79.8	81.8	81.5
被験者10	87.2	85.7	86.3	84.8	87.2	84.6

表 34. 最大呼気時の胸郭周径 変化率 (%)

呼気時胸郭周径	30秒静前	30秒静後	6秒静前	6秒静後	動前	動後
被験者1	100.0	100.6	100.0	100.2	100.0	98.4
被験者2	100.0	97.3	100.0	100.8	100.0	102.6
被験者3	100.0	98.5	100.0	99.8	100.0	100.7
被験者4	100.0	98.7	100.0	101.4	100.0	99.5
被験者5	100.0	100.1	100.0	99.8	100.0	102.6
被験者6	100.0	102.4	100.0	104.0	100.0	101.8
被験者7	100.0	100.0	100.0	102.8	100.0	103.2
被験者8	100.0	98.3	100.0	100.6	100.0	101.1
被験者9	100.0	99.2	100.0	99.0	100.0	99.6
被験者10	100.0	98.3	100.0	98.3	100.0	97.0

表 35. ストレッチング前後の最大呼吸時の胸郭周径 分散分析の結果

要因	分散分析			多重比較検定	
	df	F	P		偏 η^2
ストレッチング	2	3.36	0.06	n.s.	30秒静的, 6秒静的, 動的 : n.s.
誤差	18	(0.86)			
時間	1	0.26	0.63	n.s.	ストレッチング前, ストレッチング後 : n.s.
誤差	9	(2.84)			
ストレッチング×時間	2	3.36	0.06	n.s.	
誤差	18	(0.86)			

注) n.s. : not significant

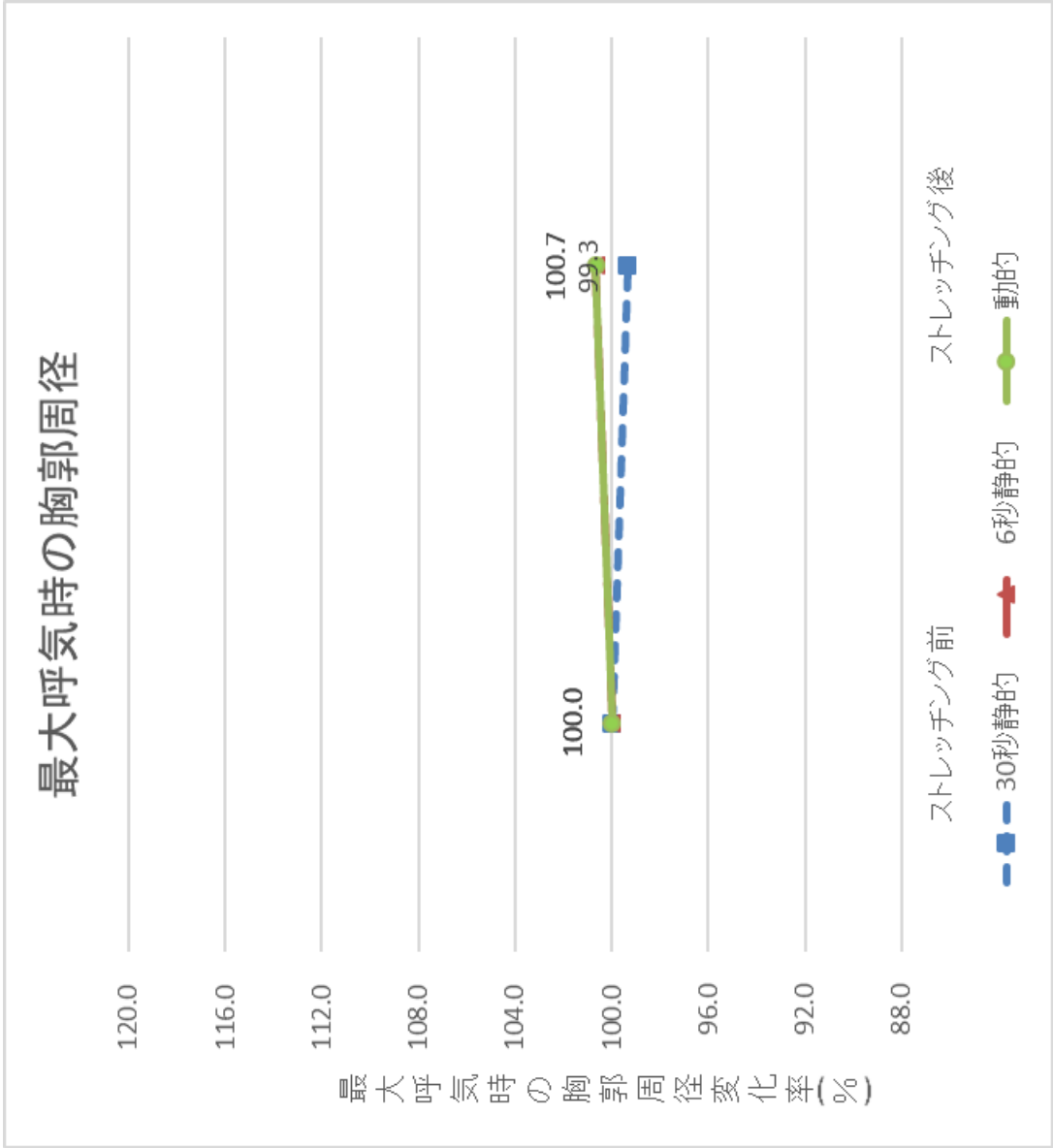


図 14. ストレッチング前後の最大呼気時の胸部周径 分散分析の結果

謝辞

本論文の執筆にあたりまして、多大なるご指導及びご鞭撻を賜りました東京海洋大学大学院千足耕一教授に謝意を表します。また、本論文をご精鋭頂きました東京海洋大学大学院大島弥生教授ならびに小暮修三准教授に深く感謝申し上げます。

また、本論文へのご助言及び、実験において使用する機器・用具を快くお貸しく下さいました藤本浩一准教授、データ収集のために3日間にわたる実験にご協力頂きました被験者の方々に深く感謝申し上げます。また、本論文の作成にあたりご助力頂きました蓬郷尚代先生並びに海洋スポーツ健康科学研究室の皆様にも深く感謝申し上げます。