

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：32614

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K10880

研究課題名(和文) 筋の活動・活動様式を考慮した呼吸筋のウォーミングアップ・トレーニングに関する研究

研究課題名(英文) Effect of muscle activation and contraction type on respiratory muscle warm-up and training

研究代表者

千野 謙太郎 (Cino, Kentaro)

國學院大學・人間開発学部・准教授

研究者番号：30443245

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、胸腔容量を変化させることで換気の機構を補助する骨格筋である呼吸筋に関する生体計測を行った。その結果、(1)最大吸気胸腔内圧が測定姿勢の影響を受けること、(2)肋間に貼付した表面筋電図電極が肋間筋の活動だけでなく、肋間筋の上に位置する外腹斜筋の活動を併せて計測すること、(3)外腹斜筋の上に貼付した表面筋電図電極が外腹斜筋の活動だけでなく、外腹斜筋の直下に位置する内腹斜筋の活動を併せて計測すること、(4)腹筋群の活動は呼気胸腔内圧の増加に伴って増加するが、その活動は体幹の屈曲や回旋時の腹筋群の活動に比べて小さいことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究開始当初の目的はウォーミングアップやトレーニング中の呼吸筋の活動や活動様式を姿勢や呼吸法によって制御し、呼吸筋のウォーミングアップやトレーニングの効果を高める方法を検討することであったが、そのような検討を行う研究には至らなかった。しかし、本研究で得られた呼吸筋の測定に関する基礎的な知見は、呼吸筋のウォーミングアップやトレーニングの効果を検討する際に押さえるべきものであり、呼吸筋に関する応用的な研究を行う際に有用であると思われる。

研究成果の概要(英文)：This study performed in vivo measurements on respiratory muscles that can potentially alter intrathoracic volume and thereby assist with the mechanics of ventilation. We found that 1) the maximal inspiratory mouth pressure was affected by posture, 2) surface EMG electrodes placed on the intercostal space detect not only the activity of the intercostals, but also that of the oblique externus abdominis located above the intercostals, 3) surface EMG electrodes placed on the oblique externus abdominis detect not only the activity of the oblique externus abdominis, but also that of the underlying oblique internus abdominis, 4) EMG activity in the abdominal muscles during forced expiration tends to increase with increasing expiratory mouth pressure, but is lower than the activity during trunk flexion or rotation.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：呼吸筋 最大吸気胸腔内圧 最大呼気胸腔内圧 超音波エラストグラフィ 表面筋電図法

## 1. 研究開始当初の背景

呼吸筋とは横隔膜や肋間筋, 胸鎖乳突筋, 斜角筋などの総称であり, 胸腔内圧に作用することで呼吸運動をもたらす骨格筋である. 一般健常者において, ガス交換能力は最大運動時であっても十分な余力があり, 呼吸筋は最大酸素摂取量や有酸素性運動パフォーマンスの制限要因とならない. 一方, 持久系アスリートにおいては, 代謝要求に見合ったガス交換が行われず, 呼吸筋が運動パフォーマンスの制限要因となる. また, 呼吸筋が疲労すると代謝受容器反射による末梢血管の収縮や血圧の上昇が起こる. 末梢血管の収縮は活動筋への血流(酸素運搬)を低下させ, 運動パフォーマンスの低下を引き起こす. そこで, ガス交換不全を改善したり, 呼吸筋の疲労を軽減したりすることで運動パフォーマンスの低下を抑制する方法として, 呼吸筋のウォーミングアップやトレーニングが検討・実施されている. その方法は, 安静状態で吸気抵抗をかけたり, 過換気を行ったりすることで呼吸筋に負荷をかけるものである. 吸気抵抗をかけたウォーミングアップが呼吸筋の機能を向上させることや呼吸筋のトレーニングが運動パフォーマンスや呼吸筋の筋力・持久力を増加させることが報告されている. 呼吸筋のウォーミングアップやトレーニングを検討した先行研究の多くは, 強度や回数, 頻度, 期間に着目している. しかし, 四肢や体幹の骨格筋のトレーニングで明らかかなように, 呼吸筋の活動や活動様式を姿勢や呼吸法によって制御し, 効果的に呼吸筋に負荷をかけることも重要である.

## 2. 研究の目的

(1)測定姿勢が最大吸気口腔内圧(MIP)に及ぼす影響を明らかにすること, (2)表面筋電図法によって測定した肋間筋の活動に外腹斜筋が及ぼす影響を明らかにすること, (3)表面筋電図法によって測定した外腹斜筋の活動の妥当性を超音波エラストグラフィによって明らかにすること, (4)様々な強度で努力性呼気を行わせた際の腹筋群の活動を表面筋電図法によって測定することであった.

## 3. 研究の方法

(1)健常成人男性 12 名を対象に電子式診断用スパイロメータを用いて座位, 立位および仰臥位における MIP を測定した.

(2)健常成人男性 5 名を対象に MIP 発揮時, 最大呼気口腔内圧(MEP)発揮時, 最大随意体幹回旋運動時の肋間筋, 胸鎖乳突筋, 外腹斜筋の活動を表面筋電図法によって測定し, 測定した筋活動を MIP 発揮時の筋活動を用いて正規化した.

(3)健常成人男性 10 名を対象に最大挙上重量(1RM)および最大下挙上重量(25%, 50%, 75%1RM)での体幹回旋運動をロータリートルソーマシンで行わせた. その際の右側の外腹斜筋の活動を表面筋電図法によって測定し, 測定した筋活動を 1RM の重量で左回旋を行った際の筋活動によって正規化した. また, 上記の運動時の右側の外腹斜筋のせん断波伝播速度を超音波エラストグラフィによって測定した.

(4)健常成人男性 12 名に 30%, 50%, 75%, 100%MEP の強度で努力性呼気を行わせ, その際の腹直筋(RA)上部, RA 下部および外腹斜筋/内腹斜筋(OE/OI)の活動を表面筋電図法によって測定した. アブドミナルクランチ(体幹屈曲運動)またはツイストクランチ(体幹回旋運動)によって腹筋群を最大随意収縮(MVC)させ, その際の筋活動によって努力性呼気中の腹筋群の活動を正規化した.

## 4. 研究成果

(1)座位における MIP は  $135 \pm 25$  cmH<sub>2</sub>O, 立位における MIP は  $131 \pm 22$  cmH<sub>2</sub>O であり, それらの間には有意差が見られなかった(図 1). 一方, 仰臥位における MIP は  $117 \pm 23$  cmH<sub>2</sub>O であり, 座位や立位における MIP に比べて有意に低かった.

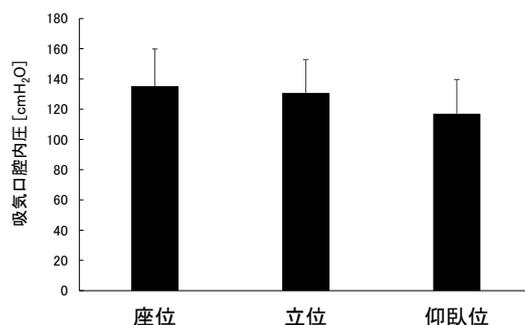


図 1: 座位, 立位, 仰臥位における最大吸気口腔内圧

(2) 肋間筋や外腹斜筋の活動は MIP 発揮時と MEP 発揮時で有意差が見られず、MIP 発揮時や MEP 発揮時に比べて体幹回旋運動時の方が有意に大きかった(図 2). 一方、胸鎖乳突筋の活動は MIP 発揮時の方が MEP 発揮時や体幹回旋運動時よりも有意に大きく、MEP 発揮時と体幹回旋運動時では有意差が見られなかった. 肋間筋や胸鎖乳突筋が吸気に作用する呼吸筋であるのに対し、外腹斜筋は呼気に作用する呼吸筋である. また、外腹斜筋は体幹回旋運動にも作用する. それらのことから、肋間筋の活動が MEP 発揮時に比べて MIP 発揮時に有意に大きくなり、MIP 発揮時よりも体幹回旋運動時に有意に大きくなった原因として、前腋窩線第 6 肋間の皮膚上に貼付した表面筋電図電極が肋間筋の活動だけでなく、肋間筋の上に位置する外腹斜筋の活動を併せて計測していたことが考えられた. 表面筋電図法を用いて肋間筋の活動を測定する際には、外腹斜筋の活動の混入に注意する必要がある.

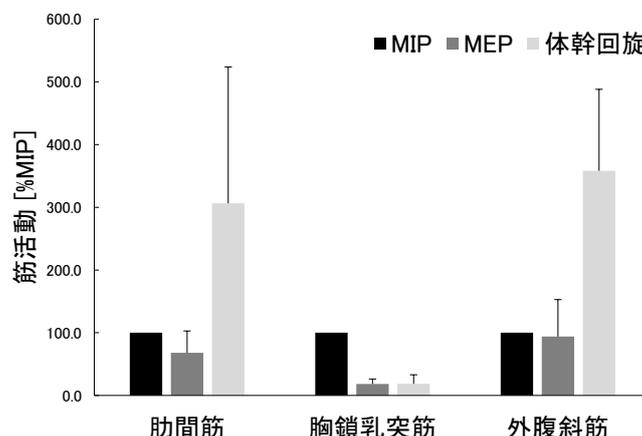


図 2: 最大吸気口腔内圧(MIP)発揮時, 最大呼気口腔内圧(MEP)発揮時, 最大随意体幹回旋運動時の肋間筋, 胸鎖乳突筋, 外腹斜筋の活動

(3) 表面筋電図法によって測定した外腹斜筋の活動は全ての組み合わせの間に有意差が見られ、外腹斜筋の活動が回旋方向によらず重量の増加に伴って増加することが示された(図 3). 一方、超音波エラストグラフィによって測定した外腹斜筋のせん断波伝播速度は、左回旋では 75%1RM と 100%1RM の間を除いて有意差が見られたが、右回旋では 25%1RM と 100%1RM の間のみ有意差が見られた(図 4). 筋活動の指標として測定したせん断波伝播速度の結果は、重量の増加に伴う外腹斜筋の活動の増加は左回旋のみで見られることが示すものである. 右側の外腹斜筋は左回旋の主働筋であり、右回旋の主働筋は外腹斜筋の直下に位置する内腹斜筋である. それらのことから、表面筋電図法の測定で見られた右回旋における有意な筋活動の増加は、外腹斜筋の直下に位置する内腹斜筋の活動に起因するものと考えられた. 表面筋電図法を用いて外腹斜筋の活動を測定する際には、内腹斜筋の活動が混入する可能性があることに注意する必要がある.

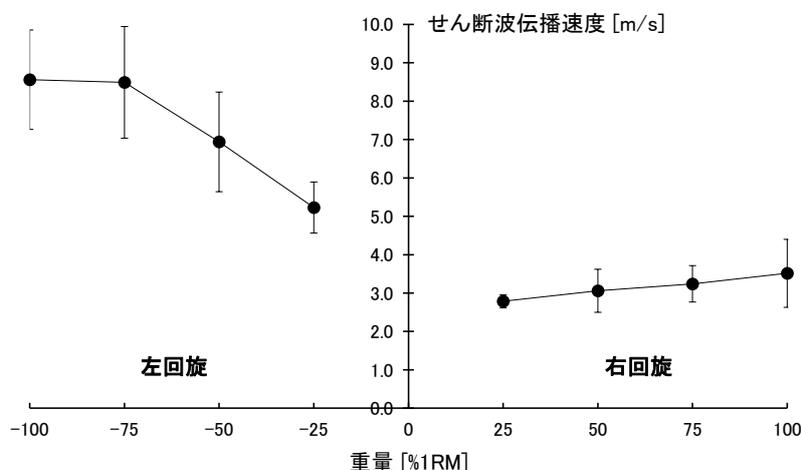


図 3: 最大挙上重量(1RM)および最大下挙上重量(25%, 50%, 75%1RM)での体幹回旋運動における右側の外腹斜筋の活動

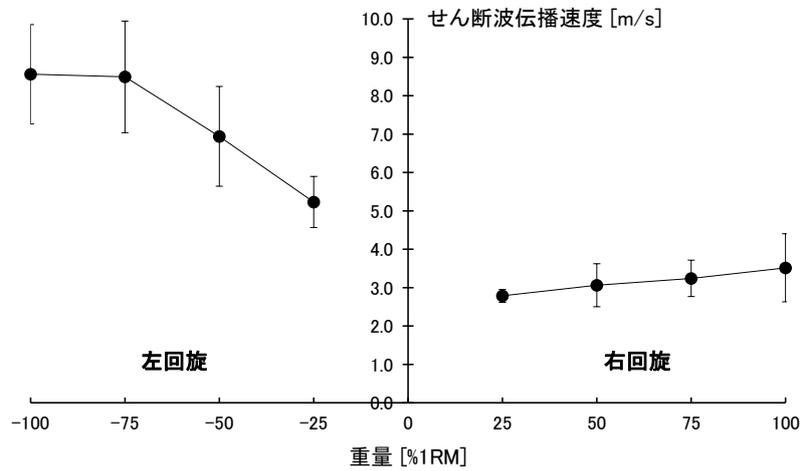


図 4: 最大挙上重量(1RM)および最大下挙上重量(25%, 50%, 75%1RM)での体幹回旋運動における右側の外腹斜筋のせん断波伝播速度

(4)MEP 時の腹筋群の活動は MVC 時の筋活動に比べて有意に小さく, RA 上部, RA 下部, OE/OI の活動はそれぞれ  $16.0 \pm 18.4\%MVC$ ,  $14.2 \pm 12.6\%MVC$ ,  $26.9 \pm 12.3\%MVC$  であった(図 5). RA 上部の活動は 30%MEP と 50%MEP の間および 75%MEP と 100%MEP の間を除き, 全ての強度の間に有意差が見られた. 一方, RA 下部の活動は 30%MEP と 100%MEP の間および 50%MEP と 100%MEP の間のみ有意差が見られた. OE/OI の活動は 30%MEP と 50%MEP の間を除き, 全ての強度の間に有意差が見られた. 腹筋群の活動が呼気口腔内圧の増加に伴って増加する傾向が見られたことから, 腹筋群が努力性呼気に寄与する呼吸筋であることが示された.

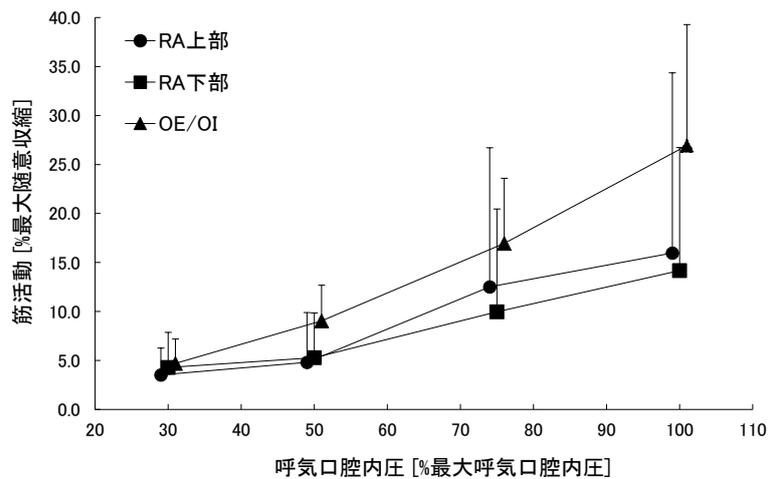


図 5: 最大呼気口腔内圧の 30%, 50%, 75%, 100%の強度で努力性呼気を行った際の腹直筋(RA)上部, RA 下部および外腹斜筋/内腹斜筋(OE/OI)の活動

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Chino Kentaro, Ando Ryosuke, Suzuki Yasuhiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Verification of surface electromyographic activity of the oblique externus abdominis using ultrasound shear wave elastography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e15295
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14814/phy2.15295	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kentaro Chino, Ryosuke Ando, Yasuhiro Suzuki
2. 発表標題 Verification of surface electromyographic activity of the oblique externus abdominis using ultrasound shear wave elastography
3. 学会等名 2020 ISEK Virtual Congress（国際学会）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	鈴木 康弘  (Suzuki Yasuhiro)  (00392697)	東京経済大学・全学共通教育センター・教授   (32649)	
研究分担者	片山 敬章  (Katayama Keisho)  (40343214)	名古屋大学・総合保健体育科学センター・教授   (13901)	
研究分担者	大家 利之  (Ohya Toshiyuki)  (70610062)	中京大学・スポーツ科学部・准教授   (33908)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	原村 未来  (Haramura Miki)  (10806285)	独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学・研究部・契約研究員     (82632)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関