

氏名	河端 将司
学位の種類	博士 (体育学)
学位記番号	第 1 8 号
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位授与年月日	平成 2 3 年 3 月 2 4 日
学位論文題目	Changes in intra-abdominal pressure and spontaneous breath volume by magnitude of lifting effort: highly trained athletes versus healthy men
論文審査委員	主査 西園 秀嗣 副査 金久 博昭 副査 前田 明

## 論 文 概 要

### Abstract

Intra-abdominal pressure (IAP) is closely related to breathing behavior during lifting. Abdominal muscles contribute to both IAP development and respiratory function. The purpose of this study was to examine whether spontaneous breath volume and IAP altered with increased isometric lifting effort, and to compare the effect of different abdominal muscle strengths on these parameters. Maximal IAP during the Valsalva maneuver (maxIAP) and maximal isometric trunk flexor strength were measured in 10 highly trained judo athletes (trained) and 11 healthy men (controls). They performed isometric lifting with 0 (rest), 30, 45, 60, 75, 90, and 100% of maximal lifting effort (MLE). Natural inspiratory and expiratory volumes were calculated from air-flow data immediately before and after the start of lifting. IAP, measured using an intra-rectal pressure transducer during lifting, was normalized by maxIAP (%maxIAP). Trained athletes had higher maxIAP and stronger trunk flexor muscles than controls. A significant main effect of lifting effort was found on %maxIAP and respiratory volume.

An interaction (lifting effort by group) was found only for %maxIAP. No significant group main effect or interaction was found for respiratory volume. Inspiratory volume increased significantly from tidal volume to above 60 and 45% of MLE in trained athletes and controls, respectively. Expiratory volume decreased significantly from tidal volume at above 30% of MLE in both the groups.

These results suggest that spontaneous breath volume and IAP development are coupled with increased lifting effort, and strong abdominal muscles can modify IAP development and inspiratory behavior during lifting.

### 論文概要

腹腔内圧は腹腔を構成する横隔膜や腹筋群の共同収縮によって上昇する。腹腔内圧とこれらの筋群は単独的または協力的に腰部安定化に貢献すると報告されており、持ち上げ動作のパフォーマンスや腰部障害予防の観点から重要な因子といえる。

横隔膜や腹筋群は腹腔内圧上昇と呼吸活動の二つの役割を果たし、呼吸中枢の制御によってこの二重課題がうまく調和されている。しかし、これら腹腔内圧と呼吸活動の調和された運動制御が体幹筋力の強さの違いによってどのような影響を受けるかは明らかにされていない。

本研究の目的は腹腔内圧上昇量と内発的な呼吸量が持ち上げ強度の増大に伴いどのように変化するかを明らかにすること、および体幹筋力の強さが腹腔内圧上昇量と呼吸量に及ぼす影響を明らかにすることである。

男子柔道熟練選手 (T群) 10名 (年齢 $20.3 \pm 0.5$ 歳, 身長 $170.2 \pm 7.3$  cm, 体重 $76.7 \pm 13.3$  kg) と一般男子大学生 (C群) 11名 (年齢 $22.3 \pm 1.7$ 歳, 身長 $173.0 \pm 6.7$  cm, 体重 $64.4 \pm 6.6$  kg) を対象とした。まず自製の持ち上げ張力測定器を使用し体幹前傾位, 膝・肘関節伸展位, 膝蓋骨上 $2.5$ cmの高さで金属棒を把持した姿勢から金属棒を鉛直上に引き上げる最大等尺性持ち上げ張力 (MLE; maximal lifting effort) を測定した。次に張力計を確認しながら0, 30, 45, 60, 75, 90%MLE に相当する強度にて3秒間の等尺性持ち上げ課題を3回ずつランダムに試行させた。これらの課題遂行時における腹腔内圧上昇量を直腸圧センサーで測定し呼吸換気量をフローメーターで測定した。呼吸量の分析は, 持ち上げ張力発揮の直前に吸気された一回吸気量と, 持ち上げ張力発揮中に呼出された呼気量を算出し, 安静時一回換気量で標準化した。本研究の主旨より, 実験者から被験者への呼吸法指導は行わず, 各被験者は自由な呼吸法で課題を遂行した。両群の体幹筋力指標として, 最大等尺性体幹屈曲筋力と伸展筋力 (筋力測定機器KIN-COM使用) と, 腹腔構成筋群の共同収縮力の指標としてバルサルバ操作 (声門閉鎖にて随意的な腹部への最大加圧) 時の腹腔内圧最大上昇量 ( $V_{maxIAP}$ ) を測定した。

T群はC群に比べて体重あたり体幹屈曲筋力 ( $4.8 \pm 0.7$  v.s.  $3.9 \pm 0.7$  Nm/kg) と  $V_{maxIAP}$  ( $204 \pm 50$  v.s.  $140 \pm 37$  mmHg) が有意に高い筋力特性を有していた。持ち上げ課題における腹腔内圧上昇量と呼吸量は有意な強度の主効果を認めた。持ち上げ強度の増大に伴い, 腹腔内圧上昇量と一回吸気量は漸増し, 一方, 課題中に呼出された呼気量は漸減した。

腹腔内圧上昇量を相対値 (% $V_{maxIAP}$ ) で示すと有意な交互作用 (持ち上げ強度 $\times$ 群) を認め, すなわちT群の方がC群よりも相対的に小さな腹腔内圧上昇量で動作が遂行されていた。呼吸量に有意な交互作用と群間の有意差は認められなかった。しかし, 一回吸気量が安静時一回換気量より有意に増大した課題強度は, T群が60%MLE以上, C群が45%MLE以上と異なった。一方, 呼気量は両群とも30%MLE以上の課題強度にて安静時一回換気量より有意に低値を示した。

腹腔内圧上昇量と内発的な呼吸量は持ち上げ強度に応じて変化することが明らかとなった。また体幹屈曲筋力や随意的な腹腔内圧上昇能力の違いが持ち上げ課題における腹腔内圧上昇量と吸気のふるまいに影響を及ぼす可能性が示唆された。

## 論文審査の要旨

腹腔内圧は腹腔を構成する横隔膜や腹筋群の共同収縮によって上昇する。腹腔内圧とこれらの筋群は単独的または協力的に腰部安定化に貢献すると報告され、持ち上げ動作のパフォーマンスや腰部障害予防の観点から重要な因子といえる。

横隔膜や腹筋群は腹腔内圧上昇と呼吸活動の二つの役割を果たし、呼吸中枢の制御によってこの二重課題がうまく調和されている。しかし、これら腹腔内圧と呼吸活動の調和された運動制御が体幹筋力の強さの違いによってどのような影響を受けるかは明らかにされていない。

本研究の目的は腹腔内圧上昇量と内発的な呼吸量が持ち上げ強度の増大に伴いどのように変化するかを明らかにすること、および体幹筋力の強さが腹腔内圧上昇量と呼吸量に及ぼす影響を明らかにすることである。

男子柔道熟練選手 (T 群) 10 名 (年齢  $20.3 \pm 0.5$  歳, 身長  $170.2 \pm 7.3$  cm, 体重  $76.7 \pm 13.3$  kg) と一般男子大学生 (C 群) 11 名 (年齢  $22.3 \pm 1.7$  歳, 身長  $173.0 \pm 6.7$  cm, 体重  $64.4 \pm 6.6$  kg) を対象とした。まず自製の持ち上げ張力測定器を使用し体幹前傾位、膝・肘関節伸展位、膝蓋骨上 2.5cm の高さで金属棒を把持した姿勢から金属棒を鉛直上に引き上げる最大等尺性持ち上げ張力 (MLE; maximal lifting effort) を測定した。次に張力計を確認しながら 0, 30, 45, 60, 75, 90%MLE に相当する強度にて 3 秒間の等尺性持ち上げ課題を 3 回ずつランダムに試行させた。これらの課題遂行時における腹腔内圧上昇量を直腸圧センサーで測定し呼吸換気量をフローメーターで測定した。呼吸量の分析は、持ち上げ張力発揮の直前に吸気された一回吸気量と、持ち上げ張力発揮中に呼出された呼気量を算出し、tidal volume で標準化した。本研究の主旨より、実験者から被験者への呼吸法指導は行わず、各被験者は自由な呼吸法で課題を遂行した。両群の体幹筋力指標として、最大等尺性体幹屈曲筋力と伸展筋力 (筋力測定機器 KIN-COM 使用) と、腹腔構成筋群の共同収縮力の指標として、バルサルバ操作 (声門閉鎖にて随意的な腹部への最大加圧) 時の腹腔内圧最大上昇量 ( $V_{\max IAP}$ ) を測定した。T 群は C 群に比べて体重あたり体幹屈曲筋力 ( $4.8 \pm 0.7$  v.s.  $3.9 \pm 0.7$  Nm/kg) と  $V_{\max IAP}$  ( $204 \pm 50$  v.s.  $140 \pm 37$  mmHg) が有意に高い筋力特性を有していた。持ち上げ課題における腹腔内圧上昇量と呼吸量は有意な強度の主効果を認めた。持ち上げ強度の増大に伴い、腹腔内圧上昇量と一回吸気量は漸増し、一方、課題中に呼出された呼気量は漸減した。腹腔内圧上昇量を相対値 (% $V_{\max IAP}$ ) で示すと有意な交互作用 (持ち上げ強度  $\times$  群) を認め、すなわち T 群の方が C 群よりも相対的に小さな腹腔内圧上昇量で動作が遂行されていた。呼吸量に有意な交互作用と群間の有意差は認められなかった。しかし一回吸気量が tidal volume より有意に増大した課題強度は、T 群が 60%MLE 以上、C 群が 45%MLE 以上と異なった。一方、呼気量は両群とも 30%MLE 以上の課題強度にて tidal volume より有意に低値を示した。

以上の成績を通覧すると、腹腔内圧上昇量と内発的な呼吸量は持ち上げ強度に応じて変化することが明らかとなった。また体幹屈曲筋力や随意的な腹腔内圧上昇能力の違いが持ち上げ課題における腹腔内圧上昇量と吸気のふるまいに影響を及ぼす可能性が示唆された。これらは極めて独創的で重要な研究であり、博士論文としてふさわしいものであると認められた。