

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月6日現在

機関番号：22701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21500601

研究課題名(和文) 常圧低酸素トレーニングは一般人の健康・体力づくりに有効か？

研究課題名(英文) Is normobaric hypoxic training an effective health and physical fitness tool for the untrained person?

研究代表者

玉木 伸和 (TAMAKI NOBUKAZU)

横浜市立大学・国際総合科学部・教授

研究者番号：60106292

研究成果の概要(和文)：

日常的にトレーニングをしていない健康な男子大学生を用い、常圧低酸素環境(酸素濃度16%)への急性暴露が筋力および運動中の呼吸循環機能にどのような影響を与えるか、常圧低酸素環境および常酸素環境で持久的なトレーニングの呼吸循環機能に与える効果、そして常圧低酸素環境および加圧ベルトでの筋力トレーニングの効果を検討した。低酸素環境への急性暴露によって、筋力は若干減少する傾向を示したが、統計的には有意ではなかった。また、呼吸筋の酸素消費量も低酸素環境による影響が認められなかった。常圧低酸素環境下での持久的トレーニングの結果、最大下作業中の酸素摂取量および呼吸筋の酸素消費量ともに減少傾向を示したが、統計的な有意差は認められなかった。また、常酸素環境下でトレーニングした結果とも有意差は認められなかった。常圧低酸素環境下および加圧下の筋力トレーニングによって、筋力および周囲長は有意に増加した。しかし、両条件間には有意差を認めなかった。以上のことから、酸素濃度が16%程度の低酸素環境では、常酸素環境下での持久的トレーニングと得られる効果に差がないことが示唆された。しかし、加圧トレーニングと同様の効果が常圧低酸素環境下での筋力トレーニングで得られたことは、四肢以外の筋力トレーニングにも常圧低酸素環境下でのトレーニングが有効であることを示している。また、トレーニング後に貧血などの症状を引き起こすことがない点で、低酸素環境下での筋力トレーニングは一般人に有効であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：

Untrained male university students were utilized to a study that considered how acute exposure to a normobaric hypoxic environments (oxygen concentration 16%) affects strength as well as cardiorespiratory functions during exercise. Consideration was also paid to the effects on the cardiorespiratory functions during endurance training in normobaric hypoxic and normoxic environments, as well as the effects of strength training in a normobaric hypoxic environments and when wearing a pressure belt (Kaatsu training).

The results of this study showed that acute exposure to a hypoxic environment created a slight decrease in strength; however, this decrease was statistically insignificant. Moreover, the hypoxic environment did not impact oxygen consumption of respiratory muscles. Endurance training in the normobaric hypoxic environment showed a decrease in both the submaximal oxygen intake and oxygen consumption of repertory muscles; however, this decrease was also statistically insignificant. Furthermore, no significant difference could be confirmed with training in a normoxic environment. Strength training in the normobaric hypoxic environment and Kaatsu training led to significantly increased muscle strength and size; however, no significant difference was confirmed between each condition.

The results show that, in a hypoxic environment with oxygen concentration of approximately 16%, there is no difference with the effects that can be acquired from endurance training in a normoxic environment. Nevertheless, the fact that the same effects of Kaatsu training can be obtained from strength training in a normobaric hypoxic

environment indicates that training in a normobaric hypoxic environment is also effective for strength training other than for the arms and legs alone. This study has also shown that strength training in a hypoxic environment is effective for the untrained person in the sense that it does not elicit anemia and other symptoms following exercise.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：トレーニング科学

1. 研究開始当初の背景

近年、常圧下で低酸素環境を生み出すシステムが開発され、世界的にそこへの滞在や持久的トレーニングが生体に及ぼす効果について検討されている。しかし、それらのほとんどが競技能力の改善を主な目的として実施されたものであり、一般人が健康・体力づくりを目的として利用する効果について検討されたものは少ない。一般人の健康・体力づくりを主な目的として行われた研究によれば、最大下運動時の効率が改善されること、末梢血管抵抗が低下すること、そして脂質代謝が亢進される可能性があることが確認されている。また、一般に低酸素環境に暴露されると、摂食量が低下することで体重が減少することが知られている。最大下運動時の効率改善には、呼吸筋の酸素消費量の減少が大きく関与していると考えられている。しかし、常圧低酸素環境下での滞在や持久的トレーニングによって、呼吸筋の酸素消費量が減少することは確認されていない。脂質代謝の亢進と体重減少という変化は、身体組成の改善を引き起こすと考えられるが、このような観点での報告も見られない。

低酸素環境に滞在すると、初期段階は組織が酸素不足となり、それが引き金となって無酸素的なエネルギー供給能力が改善される可能性がある。近年、筋への血流を制限した低負荷のレジスタンストレーニング(加圧トレーニング)でも筋力向上・筋肥大が生じることが示された。血流量の制限は、血栓の形成を刺激する可能性があり、血流解放時に事故が生じる可能性もある。低酸素環境下ではそのような危険性が少ないと思われ、トレーニングの実施によって筋出力が改善する

可能性がある。しかし、これについて検討した報告は見られない。

2. 研究の目的

常圧低酸素環境下における滞在やトレーニング効果については、多くの報告がある。しかし、そのほとんどが、高所トレーニングに変わる方法としての、競技能力向上に関する研究である。常圧低酸素システムが民間のトレーニングジムなどにも導入され、一般人にとっても身近なものとなっている現在、一般人の健康・体力づくりや生活習慣病予防に関して検討した報告はほとんど見られない。そこで本研究は、常圧低酸素環境下での短期滞在そして筋力・持久力トレーニングの実施が、一般人の健康・体力づくりや生活習慣病予防のために有効であるかどうかを検討する。

3. 研究の方法

3つの実験を実施した。実験1では、常圧低酸素環境に急性暴露した際の生体応答として、運動中の呼吸筋の酸素消費量の変化、そして等速性筋力の変化を検討した。実験2では、常圧低酸素環境下での持久的トレーニングが呼吸筋の酸素消費量および身体組成にどのような影響を及ぼすかを検討した。そして、実験3では、常圧低酸素環境下での筋力トレーニングと加圧トレーニングとの効果の違いを検討した。

【実験1】被験者として、健康な男子大学生8名を用いた。まず、彼らの最大酸素摂取量を、ランプ負荷での自転車エルゴメータ運動によって測定した。負荷は、毎分25wずつ漸増した。

そして、酸素摂取量-ペダル負荷関係式から、

各被験者について最大酸素摂取量の 50 および 60%に相当する強度を求めた。その後、呼吸筋の酸素消費量を、常酸素環境下および低酸素環境(酸素濃度は 16%)滞在 1 時間後での安静時および最大酸素摂取量の 50 および 60%強度での運動中に測定した。安静時間および各運動負荷時間はそれぞれ 10 分間とした。安静時および各運動時の前半 5 分間はフェイスマスクを通じて換気させた。その後、外的死腔(容量 1,000 ml)の付加で吸気 CO₂濃度を増加させ換気量を増加させた。呼吸筋の酸素消費量は、外的死腔を付加することで増加した酸素消費量を、増加した換気量で除して求めた。常圧低酸素環境は、移動式ボックス型低酸素室内に自転車エルゴメータおよび呼気ガス分析器を設置することで実現した。

さらに、同一被験者を用いて、上腕および脚の等速性筋力を測定した。角速度は毎秒 60, 180 および 300 度とした。各被験者は、常酸素環境下、そして移動式ボックス型低酸素室内から酸素濃度 16%の空気を吸引後 30 分後および 60 分後に最大努力で 5 回の屈曲・伸展運動をそれぞれの各速度で実施した。

【実験 2】低酸素環境下での持久的トレーニングが呼吸筋の酸素消費量および身体組成に及ぼす影響を検討するため、健康な男子大学生 21 名を用いた。そして 7 名を対象群、7 名を常環境群、そして 7 名を低酸素群に分けた。まず、実験 1 と同様の手順で彼らの最大酸素摂取量を測定した。そして、酸素摂取量-ペダル負荷関係式から、最大酸素摂取量の 50%および 60%強度を求めた。低酸素群は常圧低酸素環境下(酸素濃度 16%)で、常環境群は常酸素環境下で、最大酸素摂取量の 60%に相当する強度の自転車運動を 1 日 30 分間、週 3 回、8 週間にわたって実施した。対象群は特別の運動を行わず、常環境群および低酸素群と同様のテスト運動を実施した。トレーニング開始前、4 週間後そして 8 週間後に、inBody を用いて身体組成を測定した。また、安静時および最大酸素摂取量の 50 および 60%に相当する自転車運動を実施し、呼吸筋の酸素消費量を実験 1 と同様の手順で測定した。

【実験 3】低酸素環境下での筋力トレーニングと加圧トレーニングとの効果を比較するため、被験者として、健康な男子大学生 21 名を用いた。7 名を対象群、7 名を加圧群、そして 7 名を低酸素群に分けた。低酸素群は常圧低酸素環境下(酸素濃度 16%)滞在 30 分後から、そして加圧群は上腕に加圧ベルトを装着して筋力トレーニングを週 3 回、8 週間にわたって実施した。筋力トレーニングには 2 kg のダンベルを用い、アームカールによる 1 秒に 1 回の腕屈曲を 1 セット目に 30 回、10 秒間の休息後に 2 セット目として 20 回、そ

して 10 秒後に 10 回実施した。トレーニング開始前、4 週間後そして 8 週間後に、上腕周囲長および角速度毎秒 60 および 300 度での等速性上腕屈曲筋力を測定した。

4. 研究成果

【実験 1】酸素濃度が 16%の常圧低酸素環境への急性暴露によって、筋力は若干減少する傾向を示したが、統計的には有意ではなかった(図 1)。また、呼吸筋の酸素消費量も低酸素環境による影響が認められなかった(図 2)。

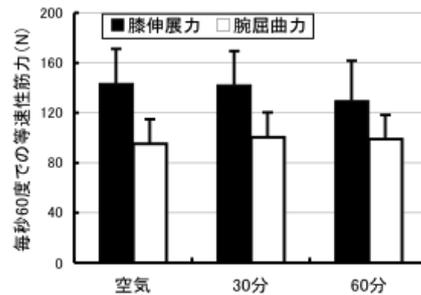


図 1 常圧低酸素急性暴露による筋力の変化

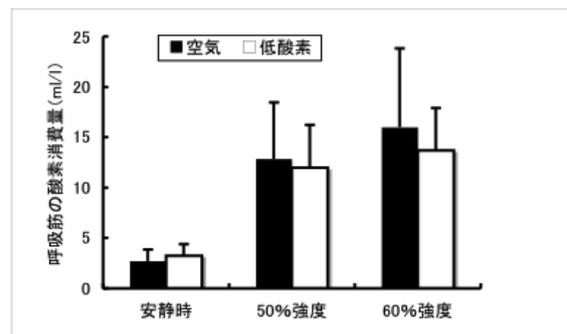
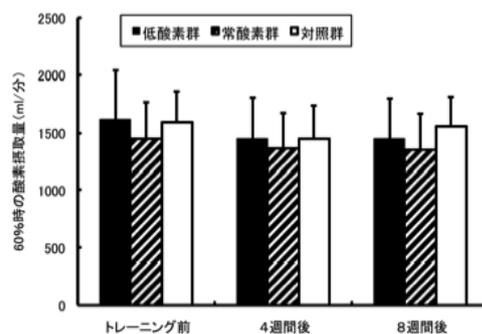


図 2 常圧低酸素急性暴露時および常酸素環境下での呼吸筋の酸素消費量

【実験 2】常圧低酸素環境下および常酸素環境下で持久的トレーニングを実施した結果、最大下作業中の酸素摂取量(図 3)は、両群ともに減少する傾向を示した。しかし、統計的な有意差は認められなかった。そして、トレーニング群間においても有意差は認められ



なかった。

図3 最大下運動中の酸素摂取量

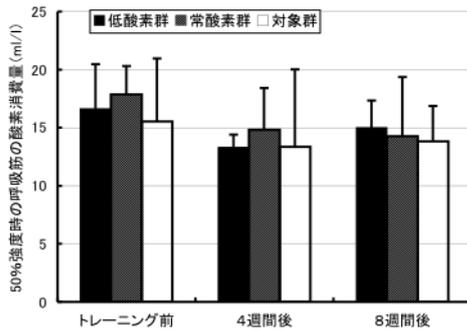


図4 最大酸素摂取量の50%に相当する運動中の呼吸筋の酸素消費量のトレーニングによる変化

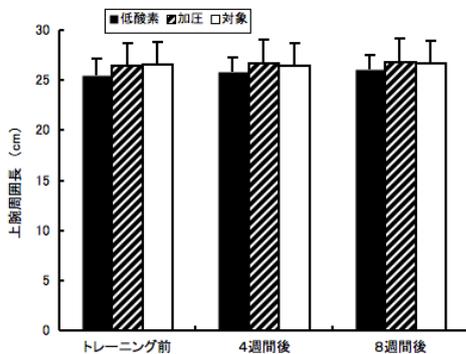


図5 筋力トレーニングによる上腕周囲長の変化

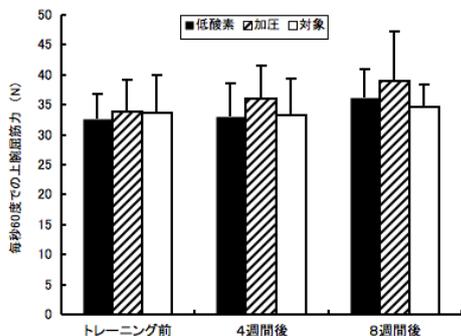


図6 角速度毎秒60度での筋力の変化

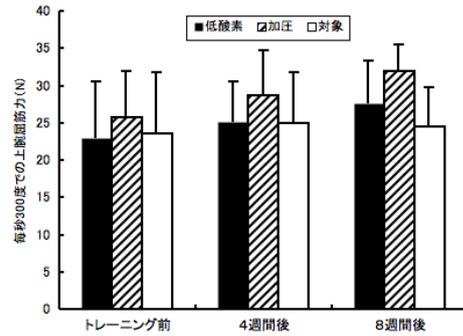


図7 角速度毎秒300度での筋力の変化

また、運動中の呼吸筋の酸素消費量は、両トレーニング群で減少する傾向を示したが(図4)、統計的に有意な変化ではなかった。そして、トレーニング群間にも統計的に有意な差は認められなかった。身体組成は、いずれの群においても統計的に有意な変化を示さなかった。

【実験3】常圧低酸素環境下および加圧ベルト装着時の筋力トレーニングによって、上腕周囲長は有意に増加した(図5)。しかし、両トレーニング間には、統計的な有意差は認められなかった。

さらに、毎秒60度(図6)および300度(図7)の角速度での等速性筋力も、両トレーニング群で有意な増加をしめした。しかし、両群間には有意差が認められなかった。

以上のことから、酸素濃度が16%程度の低酸素環境では、常酸素環境下での持続的トレーニングと得られる効果に差がないことが示唆された。さらに効果を上げるためには、低い酸素濃度で、かつ強度を高くする必要があるかもしれない。あるいは、トレーニング期間をさらに延長する必要があるかもしれない。一方、加圧トレーニングと同様の効果が常圧低酸素環境下での筋力トレーニングでも得られた。すなわち、加圧トレーニングは、加圧した四肢にトレーニングの効果が認められる。しかし、常圧低酸素環境下では全身が加圧された状態、すなわち酸素不足状態である。したがって、常圧低酸素環境下では、四肢以外の筋についてもトレーニングすることが可能であることが示唆された。常圧低酸素環境下での筋力トレーニングは、トレーニング後の貧血などの症状を引き起こすことがない点で、一般人に有効であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[その他]

ホームページ等

[http://www.yokohama-cu.ac.jp/~sport/men
u/staff/tamaki/index.htm](http://www.yokohama-cu.ac.jp/~sport/men
u/staff/tamaki/index.htm)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

玉木 伸和 (TAMAKI NOBUKAZU)
横浜市立大学・国際総合科学部・教授
研究者番号：60106292

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：