

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19500532

研究課題名（和文） 低酸素環境を用いた成長ホルモン分泌促進に関する研究

研究課題名（英文） The research of increases human growth hormone induced by hypoxia.

研究代表者

杉田 正明（SUGITA MASAOKI）

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・
研究員

研究者番号：60235885

研究成果の概要（和文）：本研究の成果から、標高 2000m 以上の低酸素環境下での安静時暴露やレジスタンストレーニング及び高強度運動は、成長ホルモン分泌を促進させる傾向があることが明らかとなった。低酸素環境（人工的）を活用した運動は、

- 1) 筋肥大のためのトレーニング
- 2) スポーツのパフォーマンス向上のためのトレーニング、
- 3) 怪我からの早期回復のためのリハビリトレーニング、
- 4) 体脂肪燃焼を目的としたトレーニング、等に効果的であることを示唆するものであるが、その反応には個人差も大きく、機序の解明が今後の課題であるといえよう。

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
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：低酸素 成長ホルモン 酸素飽和度 レジスタンストレーニング

1. 研究開始当初の背景

小型低酸素制御装置を用いて人工的な低酸素環境を造り出す低酸素室を用いて高地環境（常圧低酸素環境）を創造することが容易にできるようになってきている。

これまで、低酸素環境下で積極的にトレーニングを行う発想で、その効果を検証するべく研究を進めてきた。

これらの研究成果を踏まえた中で、低酸素室（約 16%）にわずか約 1 時間滞在するだけで成長ホルモンの分泌が高まる可能性や、低酸素室でレジスタンストレーニングを行う

と常酸素環境で行う場合よりも成長ホルモンの分泌促進の可能性があることがわかってきた。

低酸素環境を用いた成長ホルモン分泌における効果的な滞在（安静）の方法やレジスタンストレーニングの筋肥大への効果は不明であり、低酸素環境での滞在や運動が成長ホルモン分泌に与える影響を明らかにすることは重要であると考えられた。

2. 研究の目的

- (1) 低酸素環境下と常酸素環境下における

レジスタンストレーニングによる筋の肥大 (MRI 撮影) および筋力 (1RM 測定) の変化および血液学的データについて比較を行い、低酸素環境下でのレジスタンストレーニングにおける効果を明らかにすること。

(2) 低酸素環境下と常酸素環境下それぞれにおける滞在による受動的な低酸素暴露が成長ホルモン分泌に与える効果を明らかにすること。

(3) 低酸素環境下と常酸素環境下それぞれにおける自転車の短時間全力発揮運動による成長ホルモン分泌に与える効果を明らかにすること。

以上を通して、低酸素環境下での安静時暴露やレジスタンストレーニング及び高強度運動が、成長ホルモン分泌を促進する等の何らかの効果をもたらすかどうかについて検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 健康な男子学生 13 名を対象とし、この中から 7 人を低酸素環境下でのトレーニング群 (低酸素群)、6 人を常酸素環境下でのトレーニング群 (常酸素群) に分け、実験を行った。低酸素環境はアルティキューブ (常圧低酸素室) を用い、16% (標高 2200m 相当) に設定しトレーニングを行わせた。レジスタンストレーニングの内容はフレンチ・プレス、パイセップス・カールの順に非利き手側の腕で行い、回数はフレンチ・プレス、パイセップス・カール共に 10 回 1 セットとし、4 セットずつ行った。低酸素群は、実験開始から終了までアルティキューブ内に滞在し続けた。このトレーニングを週 2 回×6 週間の計 12 回行った。トレーニング前と 6 週間後に MRI 撮影を行い、筋横断面積について比較した。筋力についてはトレーニング前、3 週間後、6 週間後の 3 回測定した。

(2) 実験の対象は、一般成人 8 名 (26-37 歳) とし、安静状態を保持してもらい、SpO₂ を連続測定しながら、採血を入室前、入室 1 時間後、2 時間後、滞在終了 1 時間後の計 4 回行った。

- ① 常酸素 (20.93%) (0.5 時間) + 低酸素の 17.4% (標高 1500m 相当) (2 時間)
- ② 常酸素 (20.93%) (0.5 時間) + 低酸素の 15.3% (標高 2500m 相当) (2 時間) (睡眠不可とした)

なお、2 条件の間隔は 1 週間以上空けて実験を行った。

(3) 対象は、一般男性成人 6 名 (19-22 歳) とし、酸素濃度常酸素 (20.93%) + 30 秒間自転車全力駆動と酸素濃度 15.4% (標高 2500m 相当) + 30 秒間自転車全力駆動の 2 条件間で比較検討を行った。自転車の負荷は、体重

の 7.5% とし、30 秒間の平均発揮パワー、運動後 3 分、5 分時に血中乳酸濃度を測定した。安静時、運動直後、30 分後に採血を肘静脈から行い成長ホルモン等について分析した。

4. 研究成果

(1) 低酸素環境下と常酸素環境下におけるレジスタンストレーニングによる筋の肥大 (MRI 撮影) および筋力 (1RM 測定) の変化について検討したところ、上腕三頭筋、上腕二頭筋、上腕筋全ての筋断面積において、低酸素群にのみトレーニング前後で有意な増加 ($p < 0.05$) が認められた (図 1, 2)。最大挙上量 (1RM) について 最大挙上量において、トレーニング 3 週間後、トレーニング 6 週間後で低酸素群、常酸素群ともに有意な増加 ($p < 0.05 \sim 0.001$) が認められたが低酸素群の方が増加率は高い傾向を示した。

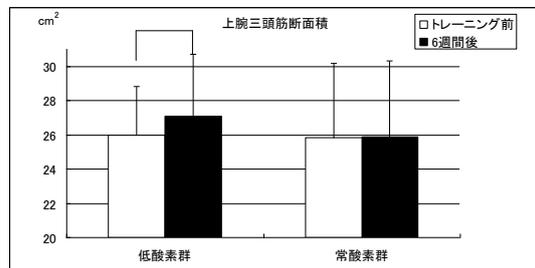


図 1 伸筋群におけるトレーニング前後の筋断面積の変化 (* : $p < 0.05$)

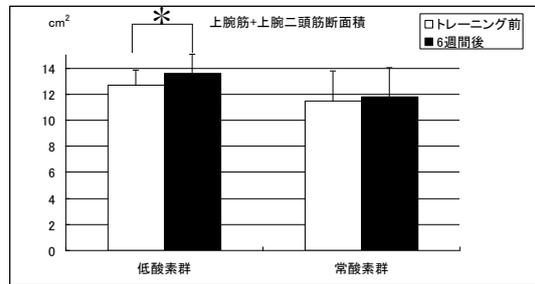


図 2 屈筋群におけるトレーニング前後の筋断面積の変化 (* : $p < 0.05$)

以上の結果から、低酸素環境下におけるレジスタンストレーニングは筋量増加に有効なトレーニング方法であることが明らかとなった。

しかし、低酸素環境下におけるレジスタンストレーニング実施が、GH など筋肥大に作用するホルモン等の上昇を有意に促進させる結果は得られなかった。

(2) 低酸素環境に滞在するだけで (筋肥大に関与する) 成長ホルモン分泌が促進する可能性があるかどうかについて検討を行った

その結果、8 名の Spo₂ の平均値は、安静時 (標高 0m) では約 97%、標高 1500m 相

当では、94.9%、標高 2500m相当では、90.1%を示し、標高が高くなるにつれて低下傾向を示したが、その個人差は大きかった（図 3）。

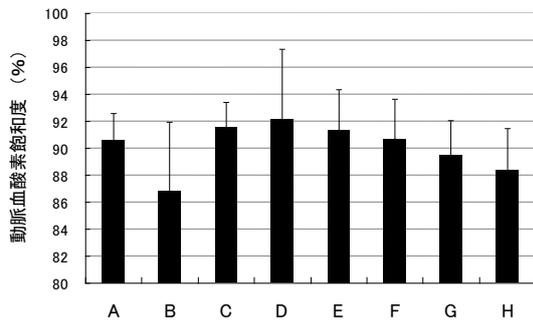


図 3 常圧低酸素環境下（標高 2500m 相当）における動脈血酸素飽和度の個人差

成長ホルモンの分泌応答については、常酸素安静時を 1 とした時の、8 名の平均値を常酸素安静時、低酸素室 1 時間後、2 時間後、滞在終了上 1 時間後の順で標高 1500m 時の値をみると、1~28.9 を示し、標高 2500m 時では、順に 1、4.2、39.3、30.5 を示し、平均値でみると 2500m の低酸素短期滞在の方が成長ホルモン分泌に与える影響がみられている ($p < 0.05$) (図 4)。

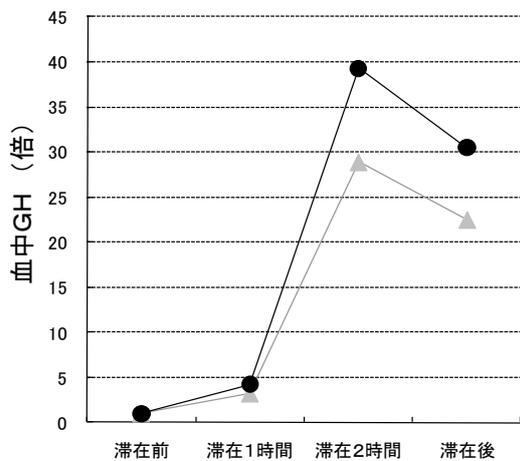


図 4 常圧低酸素環境下（標高 2500m 相当）における成長ホルモン分泌応答（●2500m、○1500m）（* : $p > 0.05$ ）

しかし、標高 2500m 時のみ統計的に有意な傾向を示していたが、標高 2500m 時であっても、入室後の成長ホルモンが高値を示すタイミングには個人差があることが明らかとなった。

以上の結果から、低酸素短期滞在は、標高 2500m の高度であれば成長ホルモン分泌に及ぼす効果のあることが示唆された。

(3) 低酸素環境下と常酸素環境下それぞれ

における自転車の短時間全力発揮運動による成長ホルモン分泌に与える効果を検討した結果、常酸素時の自転車の平均パワーは約 616W、低酸素時（標高 2500m 相当）では約 630W であり（図 5）、どちらの条件でも運動後の血中乳酸濃度は、約 15mM を示し両条件間に有意な差は見られなかった。運動直後、

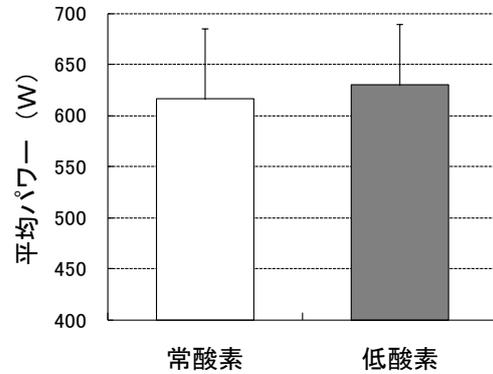


図 5 常酸素と低酸素環境下（標高 2500m 相当）における平均パワー

運動終了 30 分後の成長ホルモンの分泌応答は、運動前の安静時を 1 とした場合、常酸素時ではそれぞれ約 1.01、3.57 であり、低酸素時では、約 0.79、約 5.32 を示し、運動 30 分後の値では常酸素条件よりも大きな値 ($p < 0.09$) を示した（図 6）。

低酸素条件での高強度運動は、運動後 30 分における成長ホルモン分泌を促進させる傾向があるといえる。

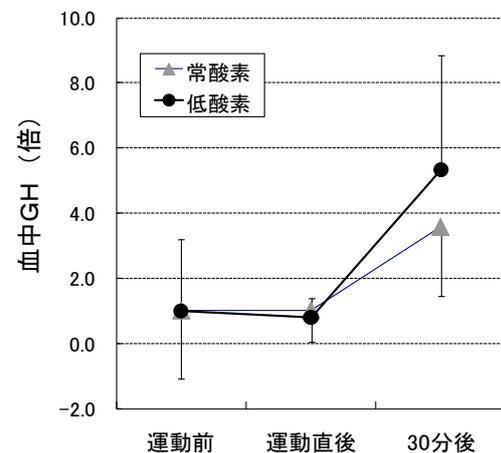


図 6 常酸素と低酸素環境下（標高 2500m 相当）における成長ホルモン分泌応答

以上の 3 つの研究結果から、標高 2000m 以上の低酸素環境下での安静時暴露やレジスタンストレーニング及び高強度運動は、成長ホルモン分泌を促進させる傾向があるということができ、ひじょうに意義深い知見を

得ることができた。

低酸素環境（人工的）を活用した運動は、

- 1) 筋肥大のためのトレーニング
 - 2) スポーツのパフォーマンス向上のためのトレーニング、
 - 3) 怪我からの早期回復のためのリハビリトレーニング、
 - 4) 体脂肪燃焼を目的としたトレーニング、
- 等に効果的であることを示唆するものである。しかし、結果に対する個人差も大きく機序の解明が今後の課題であるといえよう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

Akinobu Nishimura, Masaaki Sugita, Ko Kato, Aki Fukuda, Akihiro Sudo , and Atsumasa Uchida : Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training., Int. Journal of Sports Physiology and Performance. 査読有（印刷中）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉田 正明 (SUGITA MASA AKI)
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 研究員
研究者番号：60235885

(2) 連携研究者

西村 明展 (NISHIMURA AKINOBU)
三重大学・医学系研究科・助教
研究者番号：10508526