

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：33908

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750319

研究課題名(和文)低酸素下での高強度インターバルトレーニングが糖脂質代謝および身体組成に及ぼす影響

研究課題名(英文)Effects of high-intensity interval training under hypoxia on glucose and lipid metabolism and body composition

研究代表者

今 有礼 (Kon, Michihiro)

中京大学・国際教養学部・准教授

研究者番号：00455445

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：成長ホルモン(GH)は、糖脂質代謝を促進させる働きを持つ。低酸素環境下での運動は、常酸素環境下での運動よりもGHの分泌を促進させる。本研究では、低酸素環境下で行う高強度インターバルトレーニングが、糖脂質代謝および身体組成に及ぼす影響について検討した。その結果、1)低酸素環境下で行う一過性高強度インターバル運動が、常酸素環境下で行う高強度インターバル運動よりも運動誘発性の脂肪分解を促進させること、2)低酸素環境下で行う3週間の高強度インターバルトレーニングは、常酸素環境下で行う高強度インターバルトレーニングと比較し、身体組成の変化に影響を及ぼさない可能性があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Growth hormone (GH) improves glucose and lipid metabolism. Exercise in hypoxic condition causes greater GH secretion than that in normoxic condition. This study examined the effects of high-intensity interval training under hypoxia on glucose and lipid metabolism and body composition. Our data suggests that 1) acute high-intensity interval exercise in hypoxic condition stimulates exercise-induced lipolysis than that in normoxic condition; 2) high-intensity interval training under hypoxia may not affect the change in body composition compared with that under normoxia.

研究分野：運動生理・生化学

キーワード：低酸素 運動 トレーニング 糖代謝 脂質代謝

## 1. 研究開始当初の背景

低酸素環境下での運動トレーニング(低酸素トレーニング)は、有酸素性パフォーマンスを向上させる有効なトレーニング方法として、主に持久力を必要とするスポーツ選手に導入されてきた。近年においては、低酸素環境下での有酸素性トレーニングが、常酸素環境下での同様のトレーニングと比較し、インスリン抵抗性の改善や中性脂肪および体脂肪量の減少に効果的であることも報告されてきており(Haufe et al. 2008)、今や低酸素トレーニングはスポーツ選手のパフォーマンス向上だけでなく、一般の人々の健康の維持・増進にも応用できる新たなトレーニング法として注目されている。しかし、先行研究の多くが低酸素環境下で行う有酸素性トレーニングの効果を検討したものであり、低酸素環境下で行う無酸素性トレーニングが、生理的応答や身体組成に及ぼす影響について検討した研究は少なく、明らかな見解が得られていないのが現状である。

先行研究において、無酸素性の高強度インターバルトレーニング(自転車を用いた30秒全力ペダリング、4-6セット、セット間休息4分、週3回)が、中強度の有酸素性トレーニング(自転車運動、40-60分間、週5回)と比較し、運動時間および実施回数が圧倒的に少ないにも関わらず、運動パフォーマンスを同程度向上させたことが報告されている(Gibala et al. 2006)。また、エネルギー代謝の亢進および筋持久力の向上に関わる骨格筋内のミトコンドリア新生(Burgomaster et al. 2008)に関しても、長時間の有酸素性トレーニングと同様に増加させたことが報告されており、高強度インターバルトレーニングは(時間的に)効率的で効果的なトレーニング法として注目を集めている。近年研究代表者らは、同様のインターバルトレーニングを一過性に低酸素環境下で行ったところ、運動後のGHの分泌量が常酸素環境下よりも著しく増加することを明らかにした。GHは脳下垂体前葉から分泌されるホルモンであり、糖代謝や脂質代謝を促進させる働きを持つ。実際、ヒトにGHを一定期間投与すると、脂肪量の減少が認められた(Jorgensen et al. 1989)。また、運動誘発性のGH応答と運動後の脂肪分解の間に高い相関があったことも報告されている(Wee et al. 2005)。従って、低酸素環境下で高強度インターバルトレーニングを行った場合、常酸素環境下で行う場合よりも、糖脂質代謝の亢進や身体組成の改善(体脂肪量の減少)に効果的である可能性がある。しかし、これまで低酸素環境下での高強度インターバルトレーニングが、糖脂質代謝および身体組成に及ぼす影響について検討した研究は皆無であり、その効果については明らかになっていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、低酸素環境下で行う高強度インターバルトレーニングが、糖脂質代謝および身体組成に及ぼす影響について検討することを目的とした。この目的を達成するために以下の課題を設定した。課題1:低酸素環境で行う一過性高強度インターバル運動が、血中糖脂質代謝マーカーの変動に及ぼす影響について検討した。課題2:低酸素環境で行う3週間の高強度インターバルトレーニングが、身体組成および血中糖脂質代謝マーカーに及ぼす影響について検討した。

## 3. 研究の方法

(1)課題1:低酸素環境で行う一過性高強度インターバル運動が、血中糖脂質代謝マーカーの変動に及ぼす影響

健常成人男性7名を対象とし、常酸素環境および低酸素環境で運動を行った。運動は、自転車エルゴメーターを用いて、両環境下において30秒間の全力ペダリングを4セット、セット間休息4分で実施した。低酸素環境で運動を実施する際は、酸素濃度を13.6%に設定して行った。それぞれの環境での運動は、10日以上の間隔をあけて実施した。運動前、運動直後、15分後、30分後、60分後、120分後、および180分後に肘静脈より採血を行い、血中乳酸、カテコールアミン、インスリン、グルコース、および遊離脂肪酸を測定した。また、運動中のピークパワー、平均パワー、およびパルスオキシメーターを用いて、血中酸素飽和度の測定を行った。

(2)課題2:低酸素環境で行う3週間の高強度インターバルトレーニングが、身体組成および血中糖脂質代謝マーカーに及ぼす影響

健常成人男性16名を常酸素トレーニング群(8名)と低酸素トレーニング群(8名)に分類し、自転車エルゴメーターをもちいて高強度インターバルトレーニングを実施した。負荷は体重 $\times$ 0.075kpとし、両環境下において30秒間の全力ペダリングを行った。トレーニングは、両環境ともに週2回、3週間(計6回)実施し、1週目は4セット、2週目は5セット、3週目は6セット行った。低酸素環境でトレーニングを行う際は、酸素濃度を13.6%に設定して行った。身体組成の測定は、トレーニング前後の安静(空腹)時に実施した。採血に関しても、トレーニング前後の安静(空腹)時に肘静脈より採血し、遊離脂肪酸、グルコース、インスリン、トリグリセライド(TG)、総コレステロール、HDLコレステロール、LDLコレステロール、レプチン、アディポネクチン、抵抗性指数(HOMA-IR:グルコースおよびインスリン濃度から算出)の測定を行った。

## 4. 研究成果

(1)課題1:低酸素環境で行う一過性高強度

インターバル運動が、血中糖脂質代謝マーカーの変動に及ぼす影響

運動中のピークパワーおよび平均パワーは、セット数を重ねるごとに低下したが、群間における有意差は認められなかった。血中乳酸、カテコールアミン、インスリン、グルコース、および遊離脂肪酸は運動前と比較し運動後で有意に増加した。低酸素環境における運動120分後の遊離脂肪酸の変化率（運動前と比較）は、常酸素環境下と比較し、有意に高値を示した（図1）。血中酸素飽和度は、低酸素環境の方が常酸素環境よりも有意に低値を示した（図2）。

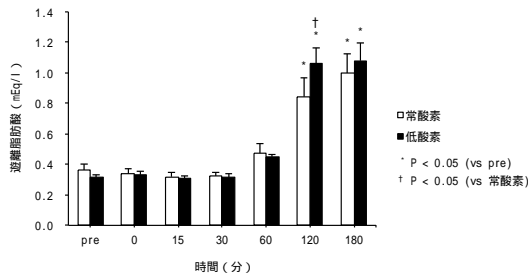


図1. 遊離脂肪酸の変化

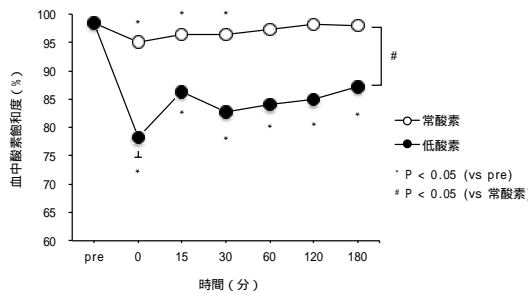


図2. 血中酸素飽和度の変化

課題1の結果より、低酸素環境で行う一過性高強度インターバル運動は、常酸素環境で行う同様の運動と比較し、運動誘発性の脂肪分解を促進する可能性が示唆された。

(2) 課題2: 低酸素環境で行う3週間の高強度インターバルトレーニングが、身体組成および血中糖脂質代謝マーカーに及ぼす影響

体脂肪量（図3）および体脂肪率は、トレーニング前と比較しトレーニング後で有意に低下したが、群間における有意差は認められなかった。TG、レプチン（図4）、アディポネクチン（図5）は、トレーニング前と比較しトレーニング後で有意に低下したが、群間における有意差は認められなかった。他の測定項目に関しては、トレーニング前後で有意な変化は認められなかった。

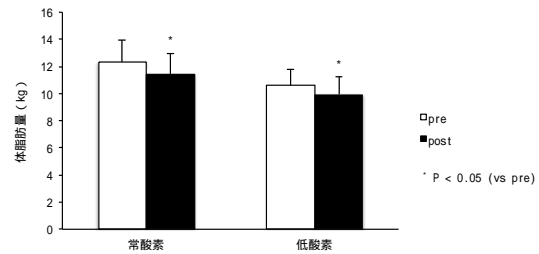


図3. 体脂肪量の変化

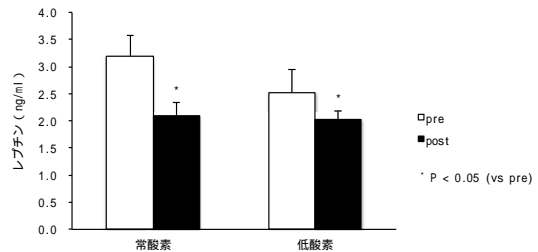


図4. レプチンの変化

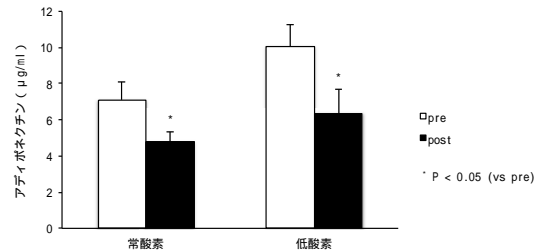


図5. アディポネクチンの変化

課題2の結果より、低酸素環境で行う3週間の高強度インターバルトレーニングは、常酸素環境で行う同様のトレーニングと比較し、身体組成および糖脂質代謝マーカーの変化に影響を及ぼさない可能性が示唆された。

本研究において、低酸素環境で行う一過性高強度インターバル運動では、常酸素環境よりも脂肪分解が促進されたが、3週間（計6回）のトレーニング後においては、体脂肪量の低下の程度に両環境で違いは認められなかった。今後はより長期間のトレーニング実験を行い、身体組成の変化を検討していく必要があると思われる。

## 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)

〔雑誌論文〕(計1件)

1. Kon M, Nakagaki K, Ebi Y, Nishiyama T, Russell AP. Hormonal and metabolic responses to repeated cycling sprints under different hypoxic conditions. Growth Horm IGF Res 25 (3), 121-126, 2015 (査読あり).

DOI: 10.1016/j.ghir.2015.03.002.

〔学会発表〕(計2件)

1. 今 有礼, 中垣浩平, 衣斐淑子, 西山哲成, Aaron P. Russell. 低酸素レベルの違いがスプリント運動時のホルモンおよび代謝応答に及ぼす影響. 第70回日本体力医学会大会, 和歌山, 2015.9.18

2. Kon M, Nakagaki K, Ebi Y, Nishiyama T, Russell AP. Hormonal responses to sprint exercises under different hypoxic conditions. 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, Malmo (Sweden), 2015.6.20

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

今 有礼 (KON MICHHIRO)

中京大学・国際教養学部・准教授

研究者番号：00455445