

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：12612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12664

研究課題名（和文）低酸素環境下での運動中の認知機能：閾値の検討と神経活動の評価法の開発

研究課題名（英文）The effects of exercise under hypoxia on cognitive function

研究代表者

安藤 創一（ANDO, SOICHI）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：50535630

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、低酸素環境下での運動が認知機能に与える影響を明らかにすることであった。本研究により、低酸素環境下（吸入気酸素濃度：0.12-0.13）での運動中であっても認知機能が向上することが示された。しかしながら、低酸素環境下での運動中に動脈血酸素飽和度が低下した被験者ほど認知機能の向上がみられなかった。したがって、動脈血酸素飽和度の低下は、低酸素環境下での運動中の認知機能に影響を与える大きな要因であることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to examine the combined effects of acute exercise and severe hypoxia on cognitive function. The participants completed cognitive tasks at rest and during moderate exercise under either normoxic or severe hypoxic conditions. Cognitive performance improved during exercise under both normoxia and hypoxia, without sacrificing accuracy. However, under hypoxia, cognitive improvements were attenuated for individuals exhibiting a greater decrease in arterial oxygen saturation. The present results suggest that arterial desaturation and resultant biological processes attenuate cognitive improvements during exercise under hypoxia.

研究分野：運動生理学

キーワード：低酸素 認知機能 運動

### 1. 研究開始当初の背景

近年、運動が様々な疾患の予防だけでなく、認知機能の向上につながることは広く知られるようになった。そして、その有益な効果は中強度の運動で顕著にみられることが数多く報告されている。一方、低酸素環境下での認知機能を検討したこれまでの研究成果から、1) 低酸素環境下ではヒトの認知機能が低下する可能性があり、2) 低酸素環境の認知機能に対する負の影響は、酸素濃度が低下すればするほど大きくなることが報告されている。

我々は、これまでに酸素濃度 15%での運動中に認知機能が向上(反応時間が短縮)することを明らかにした(Ando et al. 2013, Komiyama et al. 2015)。これらの結果は、運動がもたらす認知機能への有益な効果が強いことを示唆している。しかし、酸素濃度をさらに低下させた厳しい低酸素環境下での運動が認知機能にどのような影響を与えるのかについては、依然として明らかとなっていない。そこで、本研究では厳しい低酸素酸素環境下での運動がヒトの認知機能に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、低酸素環境下での運動がヒトの認知機能に及ぼす影響と低酸素環境下での運動中に認知機能に影響を与える生理的要因を明らかにすることであった。

### 3. 研究の方法

本研究には 13 名の健康な若年男性が参加した(age = 21.5 ± 3.5 years; height = 1.73 ± 0.05 m; body mass = 66.4 ± 10.6 kg)。被験者は安静時および運動中に認知課題を行いそのパフォーマンスを評価した。図 1 に実験プロトコールを示す。実験環境は、通常環境と低酸素環境(酸素濃度 12% または 13%)とした。認知課題は Go/No-Go 課題と空間的遅延課題反応を組み合わせた課題とし(Ando et al. 2015, Komiyama et al. 2015)、反応の早さ(反応時間)と正確性を認知機能の指標とした。

本研究では、安静時と運動中の認知課題中に動脈血酸素飽和度(SpO<sub>2</sub>, %), 脳の組織酸素飽和度(Cerebral oxygenation, %), 中大脳動脈平均血流速度(MCA V<sub>mean</sub>, cm/s)を測定した。SpO<sub>2</sub>の測定にはパルスオキシメーター(Biox 3740; Datex-Ohmeda Inc., Madison, WI, USA)を、Cerebral oxygenation の測定には近赤外線分光法(BOM-L1 TRW; Omegawave, Tokyo, Japan)を、MCA V<sub>mean</sub> の測定には経頭蓋超音波ドップラー法(TCD-X; Atys Medical, Rhone, France)を用いた。さらに、脳の酸素供給の指標(Cerebral oxygen delivery,

a.u.)として中大脳動脈と動脈血酸素含有量(CaO<sub>2</sub>)と MCA V<sub>mean</sub> をかけた値を用いた。CaO<sub>2</sub> の値は、血中のヘモグロビン濃度([Hb])を 15.0g/dl とし、以下の式で推定した。

$$CaO_2 = [Hb] \times 1.36 \times SpO_2 / 100 \text{ (ml/dl)}$$

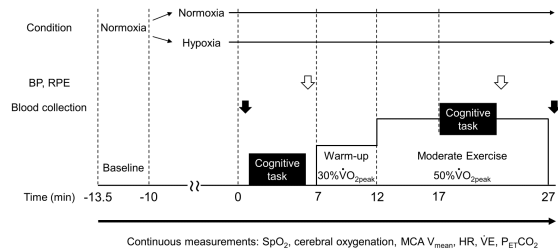


図 1 実験プロトコール

### 4. 研究成果

図 2 に通常環境下および低酸素環境下での安静時と運動中の Go/No-Go 課題の反応時間を示す。低酸素環境下での安静時の反応時間は、通常環境下と比較して差はみられなかった。しかし、運動中には通常環境下と低酸素環境下で反応時間が低下した(\*\*\* P < 0.001)。これらの結果は、通常環境だけでなく、厳しい低酸素環境下であっても運動中にヒトの認知機能が向上することを示している。

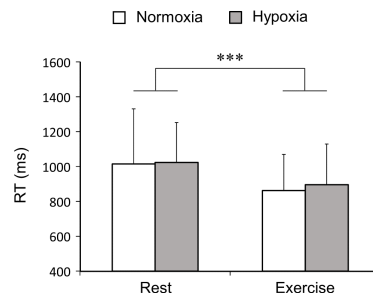


図 2 通常環境下および低酸素環境下での安静時と運動中の Go/No-Go 課題の反応時間

図 3 に通常環境下および低酸素環境下での安静時と運動中の SpO<sub>2</sub> と Cerebral oxygenation を示す。SpO<sub>2</sub> および Cerebral oxygenation は低酸素環境下において通常環境下と比較して有意な低下がみられた(††† P < 0.001)。さらに、低酸素環境下での運動中には、安静時と比較して低下した(### P < 0.001)。これらの結果は、低酸素環境下の運動中において動脈血酸素飽和度と脳の組織酸素飽和度が著しく低下したことを示している。

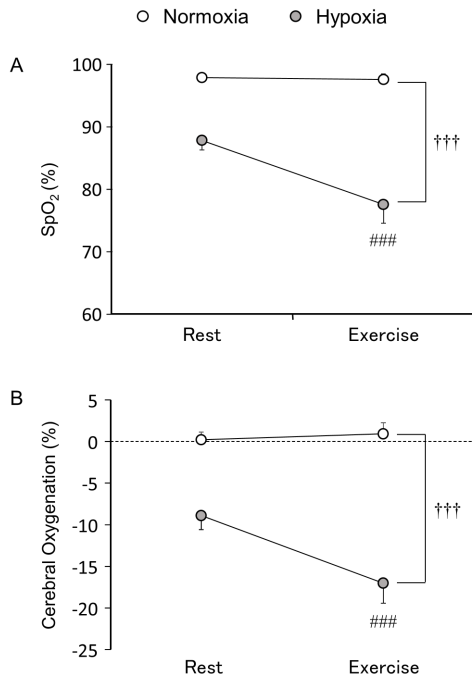


図3 通常環境下および低酸素環境下での安静時と運動中の SpO<sub>2</sub> と Cerebral oxygenation

次に、低酸素環境下での運動中の認知機能に影響を与える生理的要因を明らかにするために、低酸素環境下での運動中の反応時間の変化 ( RT ) と測定した生理的指標の変化量 ( SpO<sub>2</sub> , Cerebral oxygenation , MCA V<sub>mean</sub> , Cerebral oxygen delivery ) との関係を検討した ( 図 4 ) . その結果 , RT と SpO<sub>2</sub> と間に有意な負の相関が認められた (  $r = -0.57, P < 0.05$  ) . 一方 , RT と Cerebral oxygenation , MCA V<sub>mean</sub> , Cerebral oxygen delivery との間には関係は認められなかった . これらの結果は、低酸素環境下での運動中の動脈血酸素飽和度の低下が大きいほど、運動による認知機能の向上が弱まることを示唆している .

本研究から得られた主な結果は、以下の 2 点である . 1) 低酸素環境下 ( 酸素濃度 12% , または 13% ) であっても、運動中に認知機能が向上する , 2) 低酸素環境下での運動中の動脈血酸素飽和度の低下が大きい被験者ほど、運動中の認知機能の向上がみられない .

本研究の結果から、運動が認知機能にもたらす効果が厳しい低酸素環境下でもみられるほど強いこと、そして動脈血酸素飽和度の低下が運動による認知機能の向上を弱める可能性が示唆された ( Komiyama et al. in revision ) . しかし、現時点では低酸素環境での運動がヒトの認知機能に影響を与える生理学的機序については、明らかになっていない . 今後は、様々な実験条件で実験を行い、データを蓄積していく必要があると考えられる .

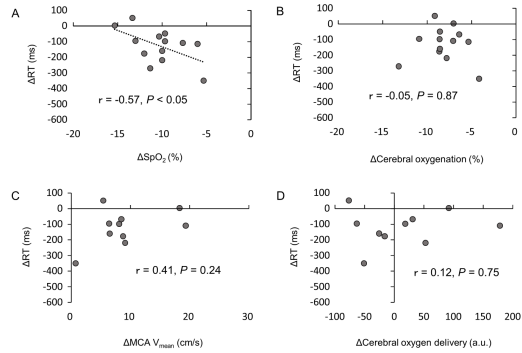


図4 低酸素環境下での運動中の反応時間の変化と生理的指標の変化量との関係

## 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 )

[ 学会発表 ] ( 計 3 件 )

Ando S. Cognitive function during exercise under hypoxia. The 94th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan, 「アクトシティ浜松 ( 静岡県・浜松市 ) 」, 2017, Mar 28-30  
 Komiyama T, Katayama K, Sudo M, Ishida K, Higaki Y, Ando S. Reduction in oxygen delivery under severe hypoxia affects cognitive function during moderate exercise. American College of Sports Medicine 63rd Annual Meeting, Boston, USA, 2016, 31 May - 4 June  
Sudo M, Komiyama T, Nagamatsu T, Higaki Y, Ishida K, Katayama K, Ando S. Cognitive function and affective states following exercise under severe hypoxia. American College of Sports Medicine 63rd Annual Meeting, Boston, USA, 2016, 31 May - 4 June

## 6 . 研究組織

### (1) 研究代表者

安藤 創一 ( ANDO Soichi )

電気通信大学・大学院情報理工学研究所・准教授

研究者番号 : 5 0 5 3 5 6 3 0

### (2) 研究分担者

片山 敬章 ( KATAYAMA Keisho )

名古屋大学・総合保健体育科学センター・准教授

研究者番号 : 4 0 3 4 3 2 1 4

檜垣 靖樹 ( HIGAKI Yasuki )

福岡大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号：10228702

須藤 みず紀 (SUDO Mizuki)  
公益財団法人明治安田厚生事業団体力医学研究所・その他部局等・研究員  
研究者番号：10585186

(4)研究協力者

小見山 高明 (KOMIYAMA Takaaki)