

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32503

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K17798

研究課題名（和文）運動学習効率の向上に高圧酸素曝露は貢献するか

研究課題名（英文）Hyperbaric oxygen exposure contribute to improved motor learning efficiency?

研究代表者

佐藤 和 (SATO, Yamato)

千葉工業大学・創造工学部・教授

研究者番号：40637914

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：最近、高気圧酸素（HBO）曝露が空間学習と記憶に有効であることが報告されている。HBOへの曝露は、運動課題のパフォーマンスも向上させる。これらの知見は、HBO曝露が運動学習を促進する可能性を示唆している。しかし、運動学習に対するHBO曝露の具体的な効果については、ほとんど未解明のままである。本研究では、運動学習課題に対するHBO曝露の効果を調べることを目的とした。実験動物モデルを用いて、100%酸素で2.0ATAに加圧したHBO環境曝露によって実験を実施した。その結果、HBO曝露によって運動学習獲得相にプラスの効果をもたらすことが明らかとなった。特に、運動学習の難易度が高い課題に顕著であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、近年、認知機能を維持・向上させ得ることが報告され始めている高気圧酸素曝露による運動学習、特に獲得相に対する効果を確認したものである。本研究の結果、HBO曝露によって運動学習獲得相にプラスの効果をもたらすことが明らかとなり、特に運動学習の難易度が高い課題に顕著であった。本研究の成果は、課題実施前の曝露によって運動学習獲得効率が向上したことを世界で初めて示したものである。本研究の成果は、運動学習に対する高気圧酸素曝露の影響を明らかにするだけでなく、動物を用いた実験モデルとなることからより詳細な検討を可能にする。また、運動学習分野のみならずリハビリテーション医学分野への応用も期待される。

研究成果の概要（英文）：Hyperbaric oxygen (HBO) exposure has recently been reported to be effective in spatial learning and memory. HBO exposure also considerably improves performance on motor tasks. These findings suggest that HBO exposure may facilitate motor learning. However, the specific effects of HBO exposure on motor learning remain largely unexplored. The present study aimed to investigate the effects of HBO exposure on motor learning tasks. The study was conducted in an experimental animal model and was examined by exposure to an HBO environment pressurised to 2.0 ATA with 100% oxygen. The results showed that HBO exposure had a positive effect on the motor learning acquisition phase. This was particularly evident in more difficult motor learning tasks.

研究分野：神経科学、神経生理学、運動学習

キーワード：運動学習 高気圧酸素環境

1. 研究開始当初の背景

近年、体力的要素の向上を目指したトレーニングの発展はめざましく、トレーニング効率も飛躍的に向上している。しかしながら、運動スキルを獲得(運動学習)するトレーニングは、指導者の経験則に基づいた場合が多く、効率的な運動学習に関するエビデンスは乏しい。

最近、潤沢な酸素供給が脳神経細胞レベルに影響を与え、空間学習・記憶能力を改善させることが報告されている。常圧・常酸素よりも気圧や酸素濃度の高い条件に曝露することで、中枢神経系にポジティブな影響を与えることが報告された(Efrati et al., 2013)。また、外傷性脳損傷モデル動物を対象とした報告では、低下していた空間学習および記憶能力が高圧酸素環境への曝露によって改善された(Harch et al., 2007, Liu et al., 2013)。アルツハイマーモデル動物を対象とした報告でも、モリス迷路のエスケープ潜時が改善し、海馬 CA3 領域のアポトーシス率が減少した(Tian et al., 2013)。つまり、潤沢な酸素供給は、細胞レベルに影響を与え、学習・記憶能力を改善させたのである。また、最近、高圧酸素環境は運動課題の成績も有意に向上させることが健常者を対象とした研究で報告された(Vadas et al., 2017)。したがって、高圧酸素環境への曝露が細胞レベルでポジティブな影響を与え、効果的に運動学習を促進させる可能性は十分に考えられる。しかしながら、現在まで高気圧酸素の曝露が運動学習に与える影響は明らかにされていない。加えて、高気圧酸素が運動学習に影響を与えるのであれば、どのタイミングでの曝露が効果的か不明である。これまでの学習・記憶に関する研究において、1)学習課題前に高圧高酸素曝露を実施し空間学習・記憶能力が改善および向上した(Harch et al., 2007, Liu et al., 2013, Tian et al., 2013)、2)ヒトを対象とした運動課題中の曝露で運動課題の成績を向上させた(Vadas et al., 2017)、3)運動学習後の睡眠や反復経頭蓋磁気刺激は運動学習を促進させることが報告されている(Morita et al., 2016, Robertson et al., 2005)。現在まで、高気圧酸素曝露のタイミングに言及した報告はない。それゆえ本研究では、高気圧酸素曝露のタイミングも重要な要因と注目し運動学習への効果を比較・検討することは非常に重要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、怪我の早期治癒や疲労回復などに有効とされる高気圧酸素治療に着目し、「運動学習効率の向上に高圧高酸素曝露は貢献するか」について明らかにすることであり、具体的には以下のふたつについて検討した。

基本的な課題として、運動学習に対して高気圧酸素曝露は効果があるのか？について運動学習課題前の事前曝露の影響、さらには曝露期間の影響を明らかにする

高圧酸素曝露が運動学習に影響するのであれば、どのタイミングでの曝露が効果的か？について検討する。

3. 研究の方法

運動学習課題前事前曝露の効果検証ならびに曝露期間の影響について

【実験対象】

実験対象は、野生型マウス(C57BL6、雄性)とした。これらのマウスは、常圧常酸素曝露群と高気圧酸素曝露群にわけられた。対象動物は、8週齢から11週齢まで常圧常酸素環境または高気圧酸素環境に曝露された。12週齢で運動学習課題である回転棒課題への馴化を実施し、13週齢で運動学習課題を実施した。

【高気圧酸素環境】

高気圧酸素曝露群は、100%酸素を用いて耐圧チャンバー内を2.0絶対気圧に設定された環境に90分(加圧時間10分、減圧時間10分を含む)を7日および20日曝露された。常圧常酸素曝露群は、加圧されない耐圧チャンバー内に90分滞在した。

【運動学習課題】

運動学習課題には、加速式回転棒課題を用いた。回転棒の直径は、3cmと6cmの2種類を用いた。初めに、回転棒への馴化として、静止した回転棒上に180秒間乗り続ける訓練を2日間施した。次に、それぞれの直径ごとに4rpm/sの速さの回転棒上に180秒間

乗り続ける訓練を3日間施した。回転棒課題の回転最低速度に馴化したことを確認し、運動学習課題を実施した。直径が2種類の回転棒は、どちらも速度が4-40rpmまで変化し、加速度が0.4rpm/s(最大歩行時間90s)、0.6rpm/s(最大歩行時間60s)、0.8rpm/s(最大歩行時間45s)の3種類で実施した。運動学習課題は、3日連続で実施した。学習指標は、それぞれの条件の回転棒上歩行時間の5試行分とした。運動学習獲得が確認された20日後に保持テストを実施した。

運動学習課題事後曝露の効果検証

【被験者】

健康若年男性20名とした。対象者は、常圧常酸素曝露群10名と高気圧酸素曝露群10名にわけられた。高気圧酸素曝露群の対象者は、運動学習課題実施直後に高気圧酸素耐圧チャンバーに滞在した。

【高気圧酸素環境】

高気圧酸素曝露群は、大気20.9%酸素を用いてヒト用耐圧チャンバー内を1.9絶対気圧に設定された環境に120分(加圧時間30分、減圧時間30分を含む)運動学習獲得課題後に曝露された。

【運動学習課題】

運動学習課題は、シーケンシャル・フィンガー・タッピング課題を実施した。示指を1、中指を2、環指を3、小指を4として、1シーケンスは4 3 1 2 4の順に可能な限り、速く、正確に実施するよう指示した。30秒間のタッピングと30秒間の休息を1セットとして12セット繰り返した。また、Skill Indexとしてタッピングの成功率を1シーケンスの平均時間で除して算出した。運動学習獲得に関して12セット実施後6時間後と24時間後に保持テストを実施した。

4. 研究成果

本研究で得られたデータは、現在、論文として投稿しており修正段階であること、さらに今後も論文投稿を予定しているため、現時点で図表等の詳細は伏す。

運動学習課題前事前曝露の効果検証ならびに曝露期間の影響について

高気圧酸素事前曝露と運動学習の関係に関して、曝露期間の影響を曝露期間7日と21日で検討したところ、7日間高気圧酸素に曝露された群と常圧常酸素を曝露された群と比較したところ有意な差は確認されなかった。しかしながら、20日間事前曝露された群とコントロール群で比較したところ、運動学習獲得に関して曝露群の有意な好成績を確認した。学習課題終了30日後に保持テストを実施した。しかしながら、運動学習獲得テスト最終日の成績に比べ、30日後の成績は有意に低値を示し、かつ運動学習獲得テスト初日の成績とくらべて有意な差は確認されなかった。

これらの結果から、高気圧酸素事前曝露の運動学習への影響に関して、運動学習獲得相には曝露期間が重要な要因となること、運動学習保持相には影響が確認されなかった。

運動学習課題事後曝露の効果検証

運動学習後の睡眠や反復経頭蓋磁気刺激は運動学習を促進させることが報告されている(Morita et al., 2016, Robertson et al., 2005)ことから、高気圧酸素の曝露タイミングによる影響を確認した。

シーケンシャル・フィンガー・タッピングを用いた運動学習課題において、高気圧酸素曝露群およびコントロール群ともに学習曲線が確認され有意にSkill Indexが高値を示した。また、12セット中ラスト3セットを基準に6時間後12時間後の保持テストにおいて学習効果の保持が確認された。しかしながら、高気圧酸素曝露群およびコントロール群に有意な違いは確認されなかった。

本研究の結果は、高気圧酸素環境への事前曝露が運動学習効率に影響を与えることを初めて明らかにしたものである。また、本研究は実験動物モデルを用いて運動学習への効果を示したものである。このことにより、高気圧酸素曝露が運動学習に与える影響について中枢神経レベルから詳細に検討できるモデルとなる可能性を有する。また、曝露タイミングの違い

によって運動学習への影響が異なる可能性を示唆しており、より詳細な検討が必要である。本研究は、運動学習分野のみならずリハビリテーション医学分野など様々な分野への応用も期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤 和、古川 覚
2. 発表標題 様々な気圧の高気圧酸素環境曝露が生体に及ぼす影響
3. 学会等名 第30回日本運動生理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 和
2. 発表標題 異なる気圧による高気圧酸素曝露が酸化・抗酸化マーカーに及ぼす影響
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 和
2. 発表標題 運動学習における高圧高酸素曝露の効果
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第71回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 和
2. 発表標題 運動学習の保持過程における高圧高酸素曝露の影響
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 和
2. 発表標題 運動学習課題における高圧高酸素曝露の影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------