高気圧エアチャンバーが身体に及ぼす影響

金藤理絵（東海大学大学院体育学研究科）　山田　洋（体育学部体育学科）
斎藤優太（体育学部体育学科）　加藤建志（東海大学非常勤講師）
寺尾　保（スポーツ医科学研究所）

The Effects of High Pressure Air Chamber on Our Bodies

Rie KANETO, Hiroshi YAMADA, Yuta SAITO, Tsuyoshi KATO and Tamotsu TERAO

Abstract

The purpose of this study was to clarify how a high pressure air chamber affects our bodies. Study participants included six healthy university students（three males and three females）.

Using a stress meter, the degree of physical fatigue was measured before and after using a high pressure air chamber. Results were then compared. Physical fatigue was measured three times at different levels of light intensity, taking photos of the pupil reactions of both eyes using a dedicated CCD camera.

In the high pressure air chamber, one group received a higher oxygen supply that the other group. A reduction in fatigue was observed in the group that received a higher oxygen supply. From these results, it was suggested that using a high pressure air chamber is effective in reducing fatigue.
（Tokai J. Sports Med. Sci. No. 24, 87-91, 2012）

Ⅰ．はじめに

疲労（Fatigue）とは、「精神的または肉体的に活動した後に続く、仕事量の減少、遂行の非能率化などを特徴とする状態」と医学事典[1]に記載されている。これをスポーツにあてはめると、激しい運動によって身体諸機能が低下し、競技パフォーマンスが低下した状態といえる。運動で身体が疲労するのは必然であるが、その後、休養・栄養を充分に摂取することによって競技パフォーマンスは回復し、以前より高いレベルに達する。しかしながら、運動の強度・時間・頻度が過剰に多くなってくると、各要素のバランスが保てなくなり、競技パフォーマンスは著しく低下する。したがって、競技能力を高い状態で保つには、このトレーニングと疲労回復のバランスに日頃から十分に注意し、疲労によるパフォーマンスの低下を防ぐことが不可欠となってくる。

近年、高気圧エアチャンバーはアスリートの疲労回復手段のひとつとして広く知られるようになり、プロスポーツ、アマチュアスポーツを問わず様々なアスリートにより実際に使用されている。高気圧エアチャンバーは、チャンバー内の気圧を

高くすることにより日常呼吸時に取り込む量よりも多くの酸素を身体に供給することができる。この高気圧エアチャンバーを利用することによって疲労回復、ダイエット、怪我の治癒促進の効果があるといわれており、2002年のサッカーW杯の際には、イングランド代表のベッカム選手が怪我の治癒を早めるために利用したことで注目され、日本でも一躍脚光を浴びた[2]。

しかしながら、この高気圧エアチャンバーの疲労回復効果について、村松ら[3]は健康な男性を対象とし、自転車エルゴメーターを用いた負荷漸増法により最大酸素摂取量の測定を行い、換気量、心拍数および乳酸値を指標としてその効果を検討し、高濃度酸素発生器の生理学的な疲労回復効果は認められなかったと述べている。

このように、実際のスポーツ場面で多用され、研究も行われつつあるものの、高気圧エアチャンバーが身体に及ぼす影響については、未だ統一した見解は得られていないのが現状である。そこで、本研究の目的は、高気圧エアチャンバーが身体に及ぼす影響について検証することであった。とりわけ、全身性の疲労回復への効果を検討するために、自律神経系の機能を調べることができるストレスメーターを用いて測定を行い、実際の競技スポーツ場面への応用についても検討を加えた。



図1　高気圧エアチャンバー
Fig. 1 High pressure air chamber



図2　ストレスメーター
Fig. 2 Stress meter

Ⅱ．方　　法

1．被験者

被験者は、健康な学生6名（男性3名・女性3名、平均年齢21歳）であった。実験に先立ち、すべての被験者に本研究の目的、方法およびその危険性の有無を説明し、文書にて実験参加の同意を得た。実験は2010年11月に行った。

2．測定機器および測定手順

測定には高気圧エアチャンバー（OASISO2, HYPERBA-RICTECNOLOGIES INC US、図1）、およびストレスメーター（DM-2010Drugpro-Screening Syst-em、アイリテック株式会社製、図2）を使用した。

高気圧エアチャンバーは、宇宙服にも使用される特殊な高強度繊維で作られたチャンバーに、清浄した空気を送り、内部の空気圧を1.3倍まで高め、空気中の酸素を通常よりも多く体内に取り込む装置である。この原理は、ヘンリーの法則（気体は気圧の高さに比例して液体に溶け込む）によるもので、通常の呼吸によって吸収される酸素（結合型酸素）だけではなく、血漿などの体液にガス化して溶け込んだ酸素（溶解型酸素）を増やすことにより、多くの酸素を取り込み、末梢の細胞にまで供給することができる装置である[2]。

ストレスメーターは、瞳孔にフラッシュライトを当て、CCDカメラを用い瞳孔反応（対光反応）



図3　測定手順
Fig. 3 Measurement procedure

を動画で撮影し、被験者の交感神経と副交感神経の働きやバランスを推測して測定時のストレス度合いや注意力の資質等について出力する装置である[4)]。

測定手順を図3に示す。高気圧エアチャンバーには1日1回1時間入ってもらい､その前（Pre）と後（Post）でストレスメーターによるストレステストを行った。測定は、日を代えて6回行った。そのうち、5回は空気を送り込んでいるチャンバーに入ってもらい（高圧暴露）、1回はコントロール群として空気を送り込んでいないチャンバーに入ってもらった（高圧暴露なし）。その順序はランダムとした。チャンバー内では安静にし、なるべく眠るように指示をした。測定の時間帯は17時～20時に統制した。

3．分析項目

図4にストレステストの原理を示す。ストレステストのパラメータをストレステストパラメータと定義した。ストレステストパラメータは、疲労レベル・アクティビティレベル・ストレスレベルにより構成される。これらは､「対光反応」に基づいて算出した。対光反応は、生体にしか起こらない反応で、目に光をあてると約0.2秒～0.3秒後に「縮瞳」し、1秒後に最大縮瞳となり、その後「散瞳」する。このときの縮瞳と散瞳はそれぞれ自律神経の「交感神経」と「副交感神経」によって発現する。この縮瞳と散瞳はピュピログラムと呼ばれるグラフに表され、そのスピード・大きさ・形を解析することにより交感神経と副交感神経のバランス、ストレス度合い等を算出することができる[4)]。

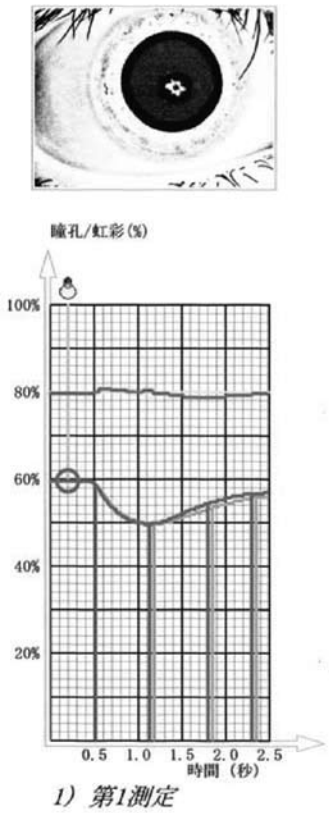

図4　ストレステストの原理
Fig. 4 Principle of stress test

各条件（高圧暴露あり、高圧暴露なし）時におけるストレステストパラメータの変化を検討した。さらに、それらを算出する基準となる瞳孔の大きさ（初期瞳孔径）について検討した。

4．統計処理

データは平均値と標準偏差で示した。各群の平均値の比較には、統計解析ソフト（SPSS 16.0, SPSS Japan 社製）を用いて対応ありのT検定を行った。有意水準は5％未満とした。

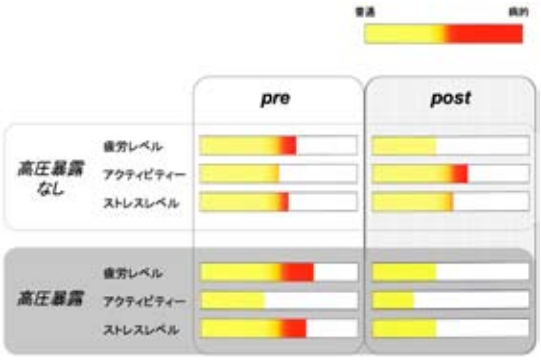

図5　高気圧エアチャンバーがストレステストパラメータに及ぼす影響ピュピログラムの典型例（被験者 B）
Fig. 5 Effect of high pressure air chamber on stress test parameters Typical example of pupilogram（Subj. B）

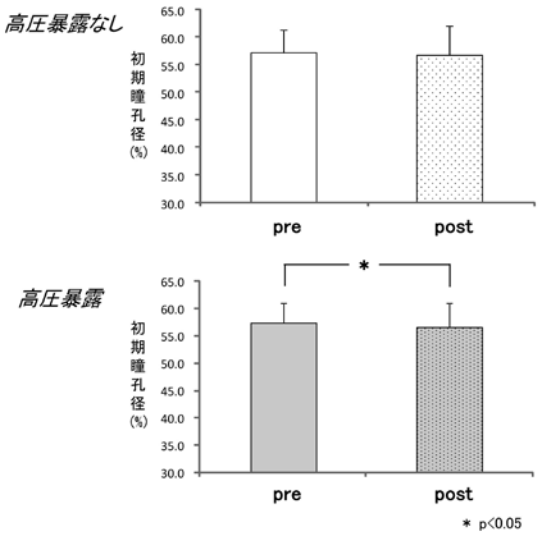

図6　高気圧エアチャンバーが初期瞳孔径に及ぼす影響
Fig. 6 Effect of high pressure air chamber on initial pupil diameter

Ⅲ．結果および考察

図5は、高気圧エアチャンバーがストレステストパラメータに及ぼす影響（ピュピログラムの典型例、被験者 B）を示している。上段が高圧暴露なし、下段が高圧暴露ありで、Pre と Post を比較している。図中において、右側に行けば行くほど病的であり、左側に行けば行くほど普通となることを意味する。グラフより、Pre と比較すると Post において、疲労レベル・アクティビティー、ストレスレベルを表すバーが（高圧暴露なしのアクティビティーを除いて）左側にシフトしている様子がわかる。すなわち、状態がよくなっていた。高圧暴露なしと高圧暴露を比較すると、高圧暴露でその改善幅が大きかった。これらの結果は、6名中5名に共通して認められた。このような両条件にみられたストレスパラメータの改善は、1時間横になり休むことにより生じた疲労の回復である可能性が大きいと考える。

図6は、高気圧エアチャンバーが初期瞳孔径（%）に及ぼす影響（全被験者の平均値±標準偏差）を示している。初期瞳孔径は、高圧暴露なし時には、変化を示さなかったが、高圧暴露時には有意に小さくなった（$p<0.05$）。瞳孔は、普段は直径3～4 mm であるが、大きさは交感神経と副交感神経のバランスで決まる。安静時、すなわち、副交感神経緊張が増加したとき（交感神経緊張減少）に縮小し、興奮時、すなわち、交感神経緊張が増加したとき（副交感神経緊張減少）に散大する。初期瞳孔径に関する先行研究において、一過性の歩行運動を平地環境と低圧環境下で実施し比較した結果、低圧環境下において初期瞳孔径が低値を示した例[5]、安静時と比較して音楽を聴かせた場合に、初期瞳孔径が低値を示した例[6]が報告されており、いずれも副交感神経が優位になり、リラックス効果が得られたと考察している。本研究においても、高気圧エアチャンバーに入ったことにより、身体各部への酸素運搬能向上・機能回復が生じ、その結果、副交感神経活動の亢進（交感神経活動の抑制）がみられ、リラックス効果が得られたと考えられる。

これまで高気圧エアチャンバーが身体に及ぼす影響について、村松ら[3]は健康な男性10名を対象とし、自転車エルゴメーターを用いた負荷漸増法により最大酸素摂取量の測定を行い、換気量、心拍数および乳酸値を指標として、高濃度酸素発生器に高濃度酸素を送った場合と送らなかった場合の2条件で測定を行った結果、生理学的な疲労回復効果は認められなかったと述べている。また、村松ら[7]は大学のサッカー部に所属する男子8名

を対象とし、自転車エルゴメーターを用いた負荷漸増法により最大酸素摂取量の測定を行い、運動後の心拍数の変化を指標として、高濃度酸素を吸引させた場合と吸引させなかった場合2条件で測定を行なった結果、心拍数の回復を早めることはできず、疑似吸引による心理的影響はみられなかったと述べている。これらに対し、本研究では疲労回復の効果が認められた。これらの違いは、測定前に運動を行なわせているか否か、あるいは、測定項目が異なった（呼吸・循環器系指標を用いている点）等の実験条件の違いに起因していると考えられる。

本研究の目的は高気圧エアチャンバーの疲労回復効果を検証することであった。高気圧エアチャンバーによる高圧暴露時には、疲労レベル・アクティビティーレベル・ストレスレベルの改善傾向がみられ、初期瞳孔径が小さくなり、副交感神経活動の亢進とリラックス効果が認められた。すなわち高気圧エアチャンバーに入らないよりも入った方が身体的疲労の回復に有効であることが示唆された。

先に述べた通り、近年、高気圧エアチャンバーはアスリートの疲労回復手段のひとつとして広く用いられつつある。本研究で得られた知見は、今後これらアスリートのコンディショニングにおける科学的な根拠となると考える。

引用・参考文献

1）ステッドマン医学大事典編集委員会：ステッドマン医学大事典改訂第3版，メジカルビュー社，1992.

2）酸素カプセルオアシス2（oasiso2）：公式ホームページ，http://www.oasiso2.jp/.

3）村松茂，有本守男，木島晃：換気量，心拍数および血中乳酸値からみた高濃度酸素発生器の疲労回復効果，日本生理人類学会誌，9（2），67-70，2004.

4）アイリテック株式会社：自律神経とストレスの関係ストレスメーターマニュアル，アイリテック株式会社，2005.

5）寺尾保，小澤秀樹，三田信孝，桑平一郎，内田裕久：中高年者に対する低圧低酸素環境下における歩行運動が運動終了後の自律神経および動脈機能に及ぼす影響，東海大学スポーツ医科学雑誌，21，43-50，2009.

6）小西徹，高妻容一，寺尾保：音楽呈示が生体に及ぼす影響―音楽と心身のリラクセーション―，東海大学スポーツ医科学雑誌，21，67-73，2009.

7）村松茂，大野政人，有本守男：運動後の高濃度酸素疑似吸引が呼吸数および心拍変動の及ぼす影響，日本生理人類学会誌，11（2），75-79，2006.