

高圧・高酸素環境下での滞在が遅発性筋肉痛 (DOMS) の回復に及ぼす影響

李 松 佐藤 佑

Effect of hyperbaric oxygen on the delayed onset muscle soreness

Song Li Tasuku Sato

Abstract

The purpose of this study was to examine that the effect of hyperbaric oxygen exposure on the delayed onset muscle soreness (DOMS) induced by eccentric exercise. College-age 6 male subjects were participated in this study. They were completed to both hyperbaric oxygen (H trial; 1.3 atmospheric pressures, 28% O₂) and normobaric normoxia trial (C trial) for 9 days with a space as a wash out period of three month between H and C trials. In H trial, subjects stayed for 1 hour a day over 5 days. All subjects got eccentric exercise (15 times repetition × 5 sets) before each trial. Before and right after eccentric exercise, also 1, 2, 3, 4, 6 and 9 days later, we measured on isometric strength, serum creatine kinase activity (CK), an pressure pain, range of motion (ROM) on arm, arm-circumference and VAS (Visual Analog Scale) with related to DOMS.

We could not find any significantly difference parameters between H and C trial. However, all parameters as DOMS of H trial were tendency to better and recover than that of C trial. From these results, it was suggested that hyperbaric oxygen exposure would be effective to recover of DOMS after intensity exercise with eccentric exercise.

Key words: hyperoxia capusel, creatine kinase activity, eccentric exercise,
muscle soreness

I. 緒言

近年、高圧・高酸素環境下での滞在、いわゆる高酸素カプセルは、疲労の回復やスポーツ障害・外傷からの早期回復促進の方法、さらには美容およびリラクゼーションなどについて競技選手から一般人にまで幅広く注目活用されている。

特にスポーツの分野では、スポーツ医・科学の進歩とともに、選手たちは効果的な最新のトレーニングを実践し、トレーニングによる疲労を素早く回復させ、あるいはケガ等からの一日でも早い完治と復帰を希望し、最新の治療およびリハビリに取り組んでいる³⁾⁷⁾。加えて競技選手や指導者もこれまで西洋および東洋の両スポーツ医・科学を競技力向上のために積極的に取り入れようといった意識や意欲も徐々に高まってきており、欧米や日本において新たな疲労回復や筋肉痛傷害の治癒促進に関する特殊な器具やトレーニング法の開発・普及が活発になっている。とりわけ、その中で近年注目を集めているのが主として疲労の回復あるいはケガからの復帰を主なねらいとした高酸素カプセルの利用である。

スポーツの分野においてこの高酸素カプセルが疲労回復やケガの早期回復に貢献すると考えられる生理学的な要因は次に挙げられる。高酸素カプセル、つまりは約1.3気圧の高圧・高酸素環境への滞在は、血中ヘモグロビンに結びつく結合型酸素を増大させ、さらに体液中にガス化して溶け込む溶解型酸素をも増大させる。この増大した結合型および溶解型酸素は、疲労物質である血中乳酸濃度の除去、細胞の代謝の向上、損傷した部位の血流は組織が一時的に低酸素化するために損傷部位等の酸素供給量を保持することなどから、疲労やケガの早期回復に貢献すると考えられてきている。しかしながら、そもそもこの高酸素カプセルの効果は約2~3気圧の高気圧・酸素療法という医療を目的とした治療方法から由来したものであり、その高圧・酸素療法がスポーツの分野における疲労回復、筋損傷など

の治癒に対しての効果の有無については、否定的な見解あるいは明確な結論に至らない結果を示す研究者が多い。さらには、高酸素カプセルが疲労回復やトレーニングによる筋損傷等に及ぼす効果に関する研究は未だ研究の緒についたばかりであり、報告も少なく、明確な結論に至っていない。

数少ない先行研究報告の中で、Mekjavicらは(2000年)6)、2.5気圧の高圧・高酸素環境への滞在が筋痛いわゆる遅発性筋痛に及ぼす影響について検討したところ、効果が観察されなかったことを報告している。

しかしながら、石原らは(2005年)1)、バレーボール競技の5日間の合宿中に毎日1時間にわたり1.25気圧、酸素濃度35%に維持した酸素カプセルに滞在させ、筋疲労や筋痛からの早期回復を引き起こすと報告している。

このように、高気圧・高酸素の生理学的効果、あるいは石原らの先行研究から、高酸素カプセルでの滞在は疲労やトレーニングによる筋損傷などからの回復には効果があるか否かは依然として不明瞭となっている。この点について検討することは、高酸素カプセルの効果や活用方法を提示する上で非常に意義があると考えられる。

そこで、本研究では、高気圧・高酸素環境(高酸素カプセル)への滞在がエクセントリック運動によって生じたDOMSの回復効果に及ぼす影響について検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

実験に先立ち、被験者に対して本研究の実験内容について口頭により十分な説明を行った後、同意を得た。被験者は健康な成人男性の大学生および大学院生の6名であった。被験者の身体特性を表1に示した。被験者の平均年齢は 22.5 ± 1.8 歳、平均身長 174.0 ± 4.7 cmおよび平均体重は 69.7 ± 10.3 kgであった。なお、被験者には実験期間中は本実験に影響を及ぼすことが予想されるような激しい運動、アル

表1. 被験者の身体特性

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)
A	21	177.4	74.5
B	22	169.1	65.7
C	22	171.1	61.5
D	22	181.4	88.0
E	26	174.2	68.2
F	22	170.5	60.5
平均	22.5	174.0	69.7
標準偏差	1.8	4.7	10.3

コール、カフェイン、栄養ドリンク、消炎鎮痛剤の摂取や塗布などを抑えること、また、通常的生活パターン、つまりは睡眠時間、食事内容等について大きく変わることがないように指示した。また、6名の被験者の中で2人は部活動をしていたが実験期間中は激しい運動をしないことなど運動を制限した。

2. 実験デザイン

本研究のプロトコルを図1に示した。被験者はまず等尺性最大筋力を測定した。等尺性最大筋力は多用途筋力測定器を用い、座位姿勢にて肘角度90度時の最大等尺性筋力を測定した。最大筋力の50%に相当する重量をDOMSエクササイズの重量として用いた。

実験開始の当日、被験者は立位姿勢で非利き腕の上腕屈筋群のエクセントリック運動を行った。50%に相当する重量のダンベルを肘屈曲位（肘関節角度：約50～60度）から肘伸展位（肘関節角度：約170～180度）まで約5秒間かけてゆっくり降ろすエクセントリック運動を1セット15回、セット間には5分程度の休憩をはさみ、5セット実施した。験者は被験者の肘が伸展した時にダンベルを持ち、被験者が無負荷な状況で肘屈曲位に腕を戻し、10秒に一回ずつエクセントリック動作ができるよ

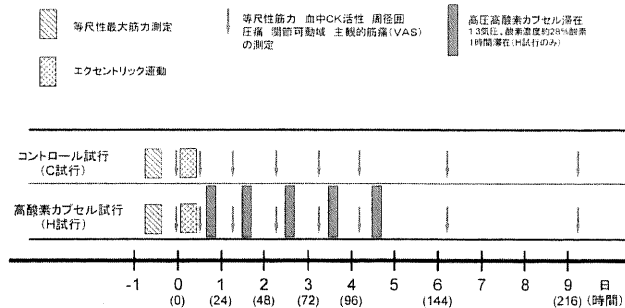


図1. 実験デザイン

うに補助した。

また、被験者は高酸素カプセル滞在試行（H試行）およびコントロール試行（C試行）の両試行を行わせるために、順序性の影響を考慮し、6名の被験者は3名ずつ高酸素カプセル試行およびコントロール試行を行うように等分して行わせ、その後3ヶ月間のwash-out期間として間隔をあけて再び同様のデザインで逆の試行を実施した。

高酸素カプセルの環境条件は1.3気圧、酸素濃度は約28%とし、実験開始日より、5日間連続して、1日に60分間滞在させた。高酸素カプセル滞在時は被験者にはインターホンを通して、体調に異変等が生じていないか、確認しながら滞在させた。

被験者はエクセントリック運動前、運動直後、1日後、2日後、4日後、6日後および9日後に、午前中のほぼ同じ時間帯で血中クレアチンキナーゼ活性、上腕部の圧痛、肘角度90度での上腕筋群の等尺性最大筋力、肘関節から3および7cm位置の上腕部周径囲、肘関節屈曲-伸展可動域、および主観的筋痛評価の測定を、高酸素カプセルに滞在する前にこれらの測定を行った。なお、指標の測定および高酸素カプセルへの滞在はすべての被験者が午前中に終了した。

3. 測定項目と測定方法

(1) CK

血清クレアチンキナーゼ（CK）活性値の測定にはレフロトロン（ロシュ・ダイアグノスティックス社製）を用い、酵素法にて分析した。検量の範囲（1400 L U/L）を超える血液については測定可能範囲になるように0.9%濃度の生理食塩水を用いて希釈し、その希釈した血液サンプルを再度測定した⁸⁾¹³⁾。

(2) 最大等尺性屈筋筋力

最大等尺性筋力の測定は、多用途筋力測定装置を用い、肩関節および肘関節を90度に保つように上腕部を台上に載せ、手でグリップ

を握り、グリップの高さで床と水平にセットされたバネ式電子筋力計を最大努力して約3秒間引っ張ることで行った。このとき、上体は固定し、上腕屈筋群のみを用いた筋力発揮ができるようにした。測定は3回行い、3回の最大値を記録とした9)。

(3) 圧痛

圧痛の測定には圧痛計アルゴメーター（日本デックス社製）を用い、被験者を仰臥位横にして上腕部位を露出させ、上腕筋がリラックスする状態にして、肘関節から3 cm離れた上腕部位を指で触診し、最も痛覚の高いポイントを見つけ出し、圧痛計でその部位を垂直に押しつけ痛みを感じた時の値を記録とした。一人の被験者に対し5回測定し、最大および最小値を除いた平均値を圧痛値として採用した。

(4) 上腕部周径囲

上腕部周径囲は座位で肘関節より、3および7 cmの上腕部位をメジャーにて、それぞれ2回測定した。測定部位の皮膚には連日同部位の測定が正しく行えるように黒いマジックインクで印をつけ、また、測定には同じ験者が当たった9)。

(5) 上腕肘関節可動域

関節角度計（東大式）を用い、腰掛座位で上肢を体側に下に垂らし、親指を基準として、前腕を回外にした姿勢で測定した。屈曲は前腕を前から上腕に近づける位置から前腕を前から上腕に伸ばす位置までとした9)。

(6) 主観的な筋肉痛

筋肉痛の評価は、主観的な指標であるVisual Analog Scale (VAS)を用いた。VASは左端を「痛みなし」右端「非常に痛い」と設定した100mmの直線とした。被験者はリラックス状態の痛みをVAS上に主観的に記録した。VASは毎日ほぼ同時刻に測定した12)。

4. 高酸素カプセル

高気圧・高酸素環境施設は「シェンペックス高気圧キャビン」（シェンペックス社製）を用いた（図2）。高圧・高酸素カプセル滞在中に被験者の監視するために、常時インターホンで被験者とコミュニケーションをとった。本実験においては、高酸素キャビン内の環境は1.3気圧、酸素濃度約28%とし、60分間の滞在時間とした。

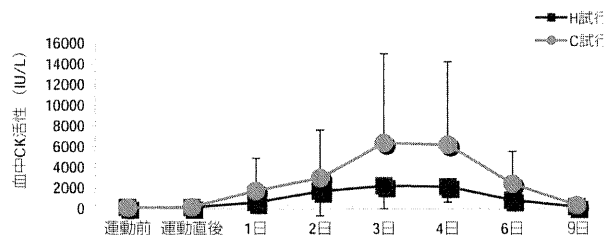


図2 エクセントリック運動後の血中CK活性の経時変化
H試行およびC試行ともにCK活性値は運動終了3日後および4日後にピークとなったが、H試行においては、C試行と比較してその増加は抑制される傾向であった。

5. 統計処理

すべての測定は平均値±標準偏差で表した。血中CK活性、上腕部の圧痛、最大等尺性筋力、上腕部周径囲、肘関節屈曲-伸展可動域、およびVASによる主観的筋痛評価の比較には、繰り返しのある二元配置分散分析を行った。有意水準は $p < 0.05$ とした。

Ⅲ. 結果

高圧・高酸素カプセルへの滞在は、エクセントリック運動後のDOMSに関連する指標に統計的に有意な変化は認められなかった（表2）。しかし、H試行では主観筋痛、血中CK活性値、圧痛、上腕部周径囲、筋力およびVASによる主観的筋肉痛などそれぞれの指標値はいずれもC試行に比べて回復が促進される傾向があった。

(1) 血中CK活性

C試行ではCK活性値は運動終了3日後(5548 lu/L)～4日後(5471 lu/L)にピークとなり、最大変化率は(運動前値を100%とした)6370と6204 %とそれぞれ著しい上昇が見られ

た。しかし、H試行においては、C試行と同様に、運動終了3日後（2231 lu/L）～4日後（2148lu/L）にピークとなったが、最大変化率は（運動前値を100%とした）2093と2063%と著しい上昇が認められたものの、C試行と比較してその増加は抑制される傾向であった（図2）。

(2) 圧痛

HおよびC試行の両試行ともに運動終了1日後～2日後にピーク（C試行；16.1～15.3 bI/cm²、H試行；17.1～15.9 bI/cm²）となり、その後、痛みは徐々に消失し、4日後までにはほとんど圧痛が前値レベルへと戻った。両試行において、圧痛の有意な差は認められなかった（表2）。

(3) 上腕最大等尺性筋力

肘関節角度90度における最大等尺性屈曲筋力は両群に有意な差は認められなかったが、C試行の運動前値は35.1±6.8kg、H試行の前値が31±4.3kgであったのに対し、運動直後に両試行ともにC試行が21.2±7.4kg、H試行が19.3±8kgとそれぞれ61.4±20.2%および62.1±23.3%へと大幅に低下した。また、C試行は9日後で運動前値と比較して82%までしか回復しなかったのに対して、H試行は96.7%まで回復した（表2）。

(4) 上腕部周径

C試行では上腕部周径(3cm)は運動前値が25.1±1.9cmであり、それから徐々に増加し、2日後に(27.3±2cm)ピークとなり、運動前値に比べ2.2cmほど腫脹した(108.6±6.1%)。一方、H試行では運動前値は25.2±1.5cmであり、3日後に(26.8±1.4cm)最大となり、運動前値に比べ1.6cmほど腫脹した(106.3±4.7%)。その後、9日後にH試行はほぼ運動前値にまで回復したが、C試行は9日後(26.4±2.1cm)まで運動前値に回復しなかった。上腕部周径7cmについても、上腕部周径3cmと同様の傾向を示した(図3)。

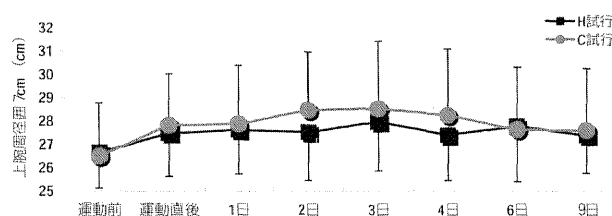


図3 エクソリック運動後の肘関節から7cmの上腕周径の経時変化
両試行はどちらも実験終了まで運動前値に戻らなかったが、C試行に比べ、H試行の方は回復が早い傾向となった。

(5) 肘関節屈曲-伸展可動域

C試行の関節可動域の屈曲は運動前値に(148.8±4.2度) 比べ運動終了後に(経時変化130.8±9度、変化率87.9.5±4.4%)と最大に低下した。また、H試行においても運動前値に(149.2±6度) 比べ運動終了後に(経時変化130.2±3.9度、変化率87.3±3) となり最大に低下し、その低下の傾向は同様であった(表

表2. 実験期間中の実験群(H試行)と対照群(C試行)の測定項目の経時変化

		運動前値	運動直後	1日後	2日後	3日後	4日後	6日後	9日後
血中CK活性 (lu/L)	H試行	129±56	129±55	613±899	1699±2381	2231±2235	2148±1502	855±471	209±72
	C試行	95±34	172±145	1741±3151	2993±4629	6370±8628	6204±8024	2433±3118	370±210
圧痛 (lb/cm ²)	H試行	29.3±7.2	28.6±10.2	17.1±3.7	15.9±4.4	25±3.3	26.8±7.6	35.6±9.2	40.5±19.1
	C試行	38.5±17.8	36.9±27.3	16.1±5.6	15.3±6.2	28.8±11.9	31.6±10.9	32.6±7.6	38.7±21.5
筋力 (kg)	H試行	31±4.3	19.3±8	24±9.7	25.1±7.2	26.7±8	28.3±8	30.3±7.6	30.2±7
	C試行	35.1±6.8	21.2±7.4	24.5±8.8	25.4±11.1	25.8±10.9	25.9±10.8	28.5±12.4	28.4±11.5
上腕周径(3cm) (cm)	H試行	25.2±1.5	26±1.6	26.3±1.7	26.3±1.5	26.8±1.4	26.4±1.7	26.9±2	25.6±1.7
	C試行	25.1±1.9	26±2.2	26.1±2.4	27.3±2	27±2.7	26.8±2.8	26.4±2.8	26.4±2.1
上腕周径(7cm) (cm)	H試行	26.7±1.5	27.5±1.9	27.6±1.9	27.5±2.1	28±2.1	27.4±1.9	27.8±2.4	27.4±1.6
	C試行	26.5±2.3	27.8±2.2	27.9±2.5	28.5±2.5	28.6±2.9	28.3±2.8	27.7±2.7	27.6±2.6
関節可動域(伸展) (度)	H試行	9.2±5.7	24±4.7	25.7±10.7	26.5±8.2	19.7±8.4	13.8±4.4	8.2±3.9	9±4
	C試行	12±6.2	31.5±10.4	31.7±13.1	35.3±18.3	30.2±16.6	22±14.1	10.7±5	10.5±6.9
関節可動域(屈曲) (度)	H試行	149.2±6	130.2±3.9	138.8±8	138.5±7.7	144±7.9	144.5±4.3	143.3±10.5	145.5±4.2
	C試行	148.8±4.2	130.8±9	139.3±10.5	136.7±12.2	141±2.8	142.5±8.5	142.8±7.1	144.3±9.4
VSA (mm)	H試行	0±0	46±33	67±24	63±23	40±17	18±9	1±2	0±0
	C試行	0±0	30±25	58±25	64±19	50±22	32±19	6±6	5±11

血中CK活性:血中クレアチンキナーゼ活性 圧痛:上腕肘関節から3cm部位の圧力を加えてその時の痛み 筋力:上腕屈曲等尺性収縮最大筋力 上腕周径(3cm)(7cm):肘関節より3cmと7cmの部位 関節可動域:上腕肘の伸展と屈曲の可動域

値は平均値±標準偏差

2)。

C試行では運動終了後から2日後に 35.3 ± 18.3 度(変化率 $359.9 \pm 241.8\%$)とピークとなり、運動前値に比べ(12 ± 6.2 度)およそ23度減少した。一方、H試行では運動終了後から2日後に 26.5 ± 8.2 度($352 \pm 183.1\%$)とピークとなり、運動前値に比べ(9.2 ± 5.7 度)およそ17度減少した。両試行における伸展可動域はH試行の方がC試行に比べて早い回復傾向が見られた。

(6) VASによる主観的な筋痛評価

両試行は運動前値の筋肉痛は無痛であり、筋肉痛は運動直後より生じ、運動終了1～2日後に激しい筋肉痛が発現した。C試行はVASによる筋肉痛は2日後に 64 ± 19 mmまで持続し、変化率では $416 \pm 396\%$ まで上昇し、最大の値となった。一方、H試行は1日後に 67 ± 24 mm($354 \pm 525\%$)と最大値となった。H試行での筋肉痛は、程度及び範囲ともに軽く、その消失も早くなる傾向が見られた。両試行は6日までにそのVASによる筋肉痛評価はほぼ前値まで戻った(図4)。

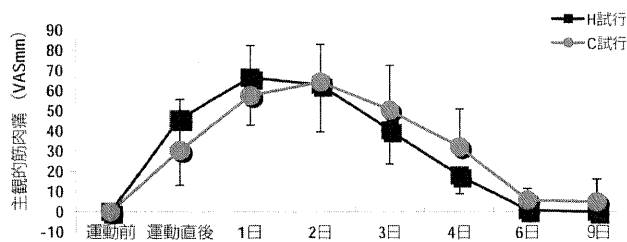


図4 エクセントリック運動後の主観筋痛の経時変化
VASによる主観的筋痛は、H試行はC試行より筋痛のピークが1日ほど早く1日目、C試行では2日後に最大値となった。H試行での主観的筋痛は、程度及び範囲ともに軽く、その消失も早くなる傾向が見られた。

IV. 考察

本研究は高酸素カプセル滞在がエクセントリック運動によって生じたDOMSの回復におよぼす影響について検討した。その結果、統計的な有意差は認められなかったものの、DOMSの発生・回復過程において、高酸素カプセル滞在は、特に、DOMSに関連するCK、圧痛および筋力の低下が抑えられる傾向にあった。

この要因として考えられることは、1.3気圧の高圧高酸素カプセルへの滞在によって、血液中の酸素とヘモグロビンが結びついた結合型酸素と体内中にガス化して溶け込む溶解型酸素が増加し、DOMS損傷部分への酸素供給が高められたことが最も影響している要因と考えられる。つまりは、臨床医学的な分野においては、2～3気圧の高圧高酸素環境(HBO)において、通常大気圧下では得ることが不可能な高分圧の酸素を負荷させることで、過大に増加させた血液中の溶解型酸素を利用して低酸素状態の組織を救う高圧高酸素を使用した治療法(HBO)として確立されており、今回我々が使用した高圧高酸素カプセルの気圧はHBOに比べて低いものの、同様の効果がみられたものと考えられる。

一般的に、酸素は呼吸によって肺胞から血液中に拡散し、血液中のヘモグロビンと結合する。しかし、酸素解離曲線における動脈血酸分圧が100mmHg以上ではヘモグロビンの酸素飽和度は緩勾であるためにヘモグロビンはそれ以上ではほとんど酸素と結合できない。一般の臨床医学で考えられる酸素投与の場合は、高濃度酸素がヘモグロビン(Hb)の酸素抱合能を増し、結合型の酸素を増大させることを目的としている。ところが、HBOではHbが酸素と完全飽和した場合であっても、酸素はそれ以上に血液中に溶解していくので、その溶解量は通常の生理学的な動脈血中の酸素分圧PaO₂が95～100mmHgであるのに比して、一般に行われているHBOである2絶対気圧(2ATA: atmospheres absolute)下での純酸素吸入を行わせると、PaO₂は1,000mmHg以上にもなり、正常の生理値の10倍以上の高いPaO₂を得ることができる。酸素溶解量はHenryの法則にしたがって、環境圧力に比例して増大してゆく。このように、HBOは従来の大気圧下における高濃度酸素投与による結合型の酸素の増量を期待する概念とは基本的に異なり、高気圧を生体に負荷させることで強制的に動脈血中へ溶解型の酸

素を溶解させ、多くの酸素を末梢組織へ提供させることを可能としている。すなわち、高気圧酸素療法では極端に高いPaO₂環境下に生体を置くことで、貧血ないし局部の低酸素部位の組織へ強力に酸素を拡散させ、虚血に伴う低酸素症を迅速に改善させると考えられている³⁾⁷⁾⁵⁾。

次に、高圧高酸素カプセルに滞在することで、酸素をDOMSの生じている部分に循環させることによる局所的な組織損傷の治癒促進に対する効果が生じたことが、CKおよび圧痛さらにはVASによる主観的筋痛等を軽減させたとも推測できる。例えば、先行研究より認められている点として、筋損傷についてみると、筋損傷1週間目頃までにおいては損傷直後、破断された血管によって虚血状態や腫脹のため酸素拡散によって酸素不足に陥る。さらに、出血または血漿成分から凝固系が刺激されて、フェブロンネクチンを含むフィブリン塊が形成され、プラスミンや多核好中球から生じたタンパク質分解酵素が損傷された組織を分解、除去し、血漿板やマクロファージから生じたサイトカインは線維芽細胞、内皮細胞の分裂を促進する。特に解糖系、造血および血管新生などを促進する低酸素応答性転写因子（HIF-1 α ）が中心的役割を果たしていると指摘されている。また、損傷した直後の組織は、この時期、通常の怪我の処置、例えば腫れに対してはアイシングにより、その部位を冷やすことで血流量を減少させて腫れを軽減させていた。しかしながら、この方法では局所的に組織修復のため大量に要求される酸素量も減少してしまう。この酸素供給の不足分だけ、回復過程を遅延させてしまう恐れがある。つまり、アイシングでは腫れを抑えることが出来ても組織修復を妨げていると考えられている。しかしながら、高気圧下での高濃度酸素の供給は、虚血状態の損傷部位が十分に酸素充填されるまで酸素供給が保たれるため、血流を促進させないで酸素供給を行うことができれば、血管透過性を抑制して

腫脹を軽減させ、疼痛も軽減し、組織修復過程を急速に進展させることが可能となると考えられ、高酸素カプセルの滞在ではこのようなメカニズムが働き、損傷部位を急速に回復させることができる理由となるものと思われる。

したがって、これらの要因から高圧・高酸素カプセルへの滞在は、細胞内での代謝を素早く改善し、本研究において認められたCK値の著しい上昇や筋力およびROMの低下などのDOMSに関連する指標を軽減させたと考えられる。

しかしながら、我々の実験においては、高酸素カプセルの利用によってDOMSを軽減する傾向はあると考えるが、残念ながら、明らかな差となって検出することはできなかった。このことは我々が今回実験で使用した高酸素カプセルは1.3気圧であり、従来の医療で用いられている2~3気圧滞在の高圧療法に比べて低く、このことが明らかな効果として認められなかった要因となりうる可能性はあると推測する。また、対象とした被験者において測定したパラメータに大きなばらつき、つまりは個人差が認められたことから、これらのことも統計の検出力に影響を及ぼしたことが推測される。

今回、我々はDOMSにおける高酸素カプセルの効果に着目して検討してきたがHBOの医療目的の使用による報告からは、高気圧酸素療法を行うに当たっては副作用も考慮しなければならない。

つまりは、呼吸によって取りこまれた酸素はヘモグロビンと結合して体内に運ばれるが、その内の約2%は毒性の強い活性酸素となる。活性酸素は血管内の気泡や細菌を殺すのに役立つが、正常な細胞も傷つけ、老化、変性されるなど、活性酸素が持つラジカルによるDNA損傷（酸化的ストレス）が増大する可能性も考えられる。こうした酸素による有害な作用は酸素中毒と呼ばれ、主な標的臓器は中枢神経と肺である。高気圧酸素治療の臨床症

状では、全胸部や心窩部の不快感、吐き気や嘔吐といった症状や眩暈、耳鳴りなどが起こる。酸素中毒を引き起こすのは、一般的に簡単な数式では説明できない点もあるが「酸素中毒＝酸素分圧×吸入時間」とすると、健康な人の場合、大気圧下で純酸素（100%）を吸入しても、6時間程度であれば、臨床的な危険性はないとされている。高気圧酸素治療では、3気圧（20m圧）以上になると活性酸素の量が増え、酸素中毒の危険性も急激に増えるので、我々が今回使用した高圧高酸素カプセルについては、これらの基準には至らないものの、酸素中毒に関連することについては細心の注意を払わなければならない（15）16）。

高酸素カプセルの効果については、今回我々が行ったDOMSの回復効果以外にも、全身疲労、美容効果等の効果について先行研究は認められないものと言われている。これらの点についても今後の研究においてさらに検討することで、高圧高酸素カプセルの安全で効果的で適切な利用方法を提示、実践することができるものと考えている。

V. 結論

本研究は高酸素カプセルへの滞在がDOMSの回復に及ぼす影響について検討した。

高酸素カプセル（1.3気圧、約28%、5日間にわたって毎日1時間）への滞在は、エクセントリック運動後のDMOSの回復を促進する可能性があることが示唆された。

参考文献

- 1) 石原昭彦(2005)高気圧・高濃度酸素は筋疲労および筋痛を早期に回復できるか. デサントスポーツ科学雑誌Vol.26 pp.16-22
- 2) 石井良昌(1995)高気圧酸素療法の最大運動後の乳酸濃度に及ぼす影響.日高圧医誌 Vol.30 pp.109-114
- 3) 石井良昌ら(2002)スポーツ選手に対する高気圧酸素療法の応用1-3.月刊トレーニング・ジャーVol.24(9.10.11)pp.63-65.60-63.80-82
- 4) 上勝也ら(2004)運動と痛み.体育の科学 Vol.54(7) pp.524-530
- 5) 眞野喜洋 高気圧酸素療法の機序とその適応疾患.東京医科歯科大学医学部 <http://kansai.anesth.or.jp>
- 6) MEKJAVIC, I. B., J. A. EXNER, P. A. TESCH, and O. EIKEN(2000) Hyperbaric oxygen therapy does not affect recovery from delayed onset muscle soreness. Med. Sci. Sports Exerc.Vol.32(3) pp.558-563
- 7) 中嶋耕平(第17回)高気圧高酸素療法.(スポーツ医学研究部) <http://www.jiss.naash.go.jp>
- 8) 野坂和則(1986)運動後に生じる筋痛と血清C P K活性値との関係.横浜市立大学紀要体力医学編Vol.15 pp.25-35.
- 9) 野坂和則(1996)筋肉痛が生じている部位の運動を行ってよいのか. デサントスポーツ科学雑誌Vol.17 pp.146-156.
- 10) 野坂和則(2001)遅発性筋痛の病態生理学.理学療法Vol.18(5)pp.476-484
- 11) 野坂和則(2002)筋肉痛の科学.横浜市立大学論叢自然科学系列Vol.54 pp.51-98,
- 12) 下井俊典ら(2007)遅発性筋痛測定における4種類の疼痛測定法の信頼性.理学療法科学Vol.22(1) pp.125-131.
- 13) 鈴木政登(2000)運動とC K.体力科学 Vol.49 pp.27-32
- 14) 高原浩全・山口英峰ら(2007)筋収縮様式の違いが遅発性筋肉痛発現に及ぼす影響.岡山体育学研究Vol.14 pp.9-14
- 15) 高橋英世 生体と酸素をめぐる酸素毒.名古屋大学高気圧治療部<http://www.e-clinician.net>
- 16) 高気圧酸素治療の安全基準（改訂案）<http://www.jshm.net/iinkai>