

高圧酸素療法がゴルフ競技後の疲労と睡眠に与える効果の検討

山内孝之^{1,2)}, 上田淳哉²⁾, 牧之段学²⁾, 紀本創兵²⁾, 岸本年史²⁾

要旨

高圧酸素療法 (hyperbaric oxygen therapy: HBOT) 療法は PTSD などへの有効性が示され、精神疾患への効果が期待されている。ゴルフは年齢を問わず競技可能で、認知症への治療効果が明らかになるなど精神疾患への有用性が検討されている。本研究は HBOT がゴルフ競技後の疲労と睡眠に与える効果を検討した。疲労、睡眠は、CFS (Chalder Fatigue Scale Japanese-version)・RAS (Roken Arousal Scale)・OSA (obstructive sleep apnea) 睡眠調査票により評価した。CFS の合計点、RAS の眠気、緊張、注意集中困難、意欲減退、全般的活性、リラックス、起床時眠気、疲労回復、及び OSA 睡眠調査票の起床時眠気、疲労において対照群と HBO 群間で有意な差を認め、HBOT がゴルフ競技後の疲労と睡眠に効果的であることが示された。

Key words

golf, hyperbaric oxygen therapy, fatigue, sleep

【背景】

運動と健康についてはその関連が広く知られており、運動療法は身体疾患に限らず、様々な精神疾患においてその効果が注目されている。健常者においても同様であり、運動とこころの健康としての幸福度との関連を示唆する報告は数多く存在する。ゴルフの運動強度は 3.5-4.8 METs であり、若年層から高齢者まで競技への参加が可能なスポーツで、認知症への治療効果が明らかになるなど精神疾患への有用性が検討されている¹⁵⁾。過去のレビュー⁹⁾によると、ゴ

ルフは自己およびグループのアンデンティティ、社会的つながりにおける利点のみならず、自己効力感や、自己価値、自尊心、また感情コントロールについて良い効果をもたらすことが示唆されている。

高圧酸素療法 (Hyperbaric oxygen therapy: HBOT) は、Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS) により、海拔の圧力よりも高い圧力 (絶対気圧が 1 気圧を超える圧力) で患者が断続的に酸素を吸入する治療法として定義されている⁵⁾。その効果は、減圧症や空気塞栓に対する治療に限らず、一酸化炭素中毒や虚血

YAMAUCHI Takayuki, UEDA Junya, MAKINODAN Manabu, KIMOTO Sohei KISHIMOTO Toshifumi: Effects of hyperbaric oxygen on recovery from fatigue and sleep after playing golf

1) 医療法人中川会 飛鳥病院：〒 635-0141 奈良県高市郡高取町与楽 1160

2) 奈良県立医科大学 精神医学講座

性疾患、あるいは心的外傷後ストレス障害 (PTSD) や急性期の脳損傷に対する有効性も明らかにされている。また、HBOT はスポーツ競技者が練習や試合の後、受傷の後などに使用され、運動負荷後の疲労回復、創傷治癒における有効性に強い関心が集まっている。HBOT は血中酸素分圧 (PO₂) を上昇させると同時に、頭蓋内血液量を減少させ、頭蓋内圧 (ICP) を減少させる。HBOT による脳エネルギー代謝の維持または改善は、虚血性および低酸素関連の脳浮腫の改善が期待でき、ICP 上昇からの緩和により、局所的な虚血および低酸素症が最小限に抑えられることが期待されている⁷⁾。

本研究では、ゴルフ競技後の HBOT の効果を心理学的に解析し、実用性の可能性を検討した。

【方 法】

研究デザインのシエマを図 1 に示す。本研究は飛鳥病院倫理委員会、奈良県立医科大学の倫理委員会の承認を得ており、研究計画は大病院医療情報ネットワーク臨床試験登録システム (University Hospital Medical Information Network Clinical Trials Registry; UMIN-CTR) に登録済みである (UMIN 000041657)。

1. 研究デザインと対象者の割付

研究デザインは介入対照。オープン化・クロスオーバー・無作為比較試験とした。対象者の割り付けは本研究に関与しない第三者が行い、コンピュータが発生させる乱数表をもとに割付表を作成し、クロスオーバー前 (第 1 クール) に HBOT を受ける immediate intervention 群 (II 群) と、クロスオーバー後 (第 2 クール) に HBOT を受ける delayed intervention 群 (DI 群) に無作為に割り付けた。第 1 クールでは DI 群、第 2 クールでは II 群を対照群として設定し、HBOT を受ける同一時間安静臥床で待機することとした。第 1 クールと第 2 クールの間は 1 週間のウォッシュアウト期間をもうけた。

2. 対象者の募集と適格基準、除外基準

対象者は奈良県立医科大学精神医学講座の HP

を通じて募集し、申し込みを受け付けた。採択基準は年齢 20 歳以上 65 歳未満のゴルフ競技歴のある男女とした。除外基準は、(1) 自然気胸または気管支喘息、開胸手術などの既往を有し急性な換気障害が発生する恐れがある者、(2) 誤嚥または窒息、重篤な不整脈その他重大な呼吸循環障害が発生する者、(3) 意識障害を伴う頭部外傷の既往、慢性肺疾患、慢性腎疾患、慢性肝疾患、甲状腺疾患、活動性の癌、脳血管疾患、てんかん、神経疾患、物質関連障害を合併する者、(4) 明らかな精神疾患の病歴をもつ者、(5) 妊娠中・授乳中・試験期間中に妊娠の可能性がある者、(6) 介入実施直前 24 時間以内に航空機への搭乗、及び潜水を行った者、(7) 閉所恐怖症の既往のある者、(8) 耳抜きができない、もしくは鼻閉症状のある者、(9) その他、特に医師に参加を制限された者とした。応募者は奈良県立医科大学において、もしくはオンライン会議システムを通じて、約 1 時間の説明会に参加し、研究協力が得られた場合に書面を持って同意を得た。

3. 高圧酸素療法

本研究で用いた HBO の機器、O₂ BOX (タイムワールド社製) は奈良県立医科大学精神科病棟内に保管・設置されている。条件は 1.25 気圧とし、治療時間は 40 分とした。同時に高圧酸素療法を受けることのできる人数は最大 2 名とした。

4. ゴルフ競技

競技は花吉野カンツリー倶楽部にて競技開始時刻を午前 7 時 44 分から 8 時 00 分までとした。競技後、奈良県立医科大学にて HBOT や各種検査を実施した。尚、ゴルフ競技前日から翌日朝午前 7 時 30 分まで、アルコールを摂取しないこととした。

5. 評価項目

1) 自記式質問紙、検査

HBOT によって変化することを予測した項目として、下記のアンケート、検査を実施することとした。

(1) チャルダール疲労質問票日本語版 (Chalder

Fatigue Scale Japanese-version: CFS)⁶⁾

- (2) 疲労・覚醒主観評価質問票 (Roken Arousal scale: RAS)¹⁶⁾
- (3) 国際標準化身体活動質問票 (International Physical Activity Questionnaire: IPAQ) short 版^{3,12)}
- (4) 主観的運動強度 (RPE)²⁾
- (5) OSA 睡眠調査票 (MA 版)¹⁸⁾
- (6) 血圧 (収縮期/拡張期血圧, 脈圧)

CFS は主観的な疲労の状態の数値化を目的とした心理評価尺度で, 米国疾病予防管理センターが疲労の検査において推奨している。14 項目に対して, 「ない～非常に多い」の 4 段階評価から選択する形式となっており, 合計スコア (0～42) で評価を行う。

RAS は産業科学技術研究開発プロジェクトの「人間感覚計測応用技術」によって開発された疲労・覚醒度合いの主観評価指標である。下位項目として 6 つの感覚尺度である「眠気・全般的活性・リラックス・緊張・注意集中困難・意欲減退」の項目を基に定量的に評価することができる。各感覚尺度の評価は, それぞれの該当する質疑応答の評価項目 2 個から求められる。評価項目は「あてはまらない～非常にあてはまる」の 7 段階評価から選択する形式となっており, 各項目のスコア (2～14) で評価を行う。

IPAQ short 版は, 成人の身体活動を調査するために作られた質問紙である。成人 (15～69 歳) を対象とした調査で使用する事を前提に開発されており, 自己申告におけるポピュレーション調査に基づき, 身体活動レベルを定義することが可能となる。強い身体活動/中等度の身体活動/歩行を実施している頻度, 時間を入力することで, データ処理および解析に関するガイドライン²¹⁾に則った身体活動量の算出が可能である。週当たりの運動回数と 1 回あたりの時間 (分) と運動強度に応じた係数 (強い身体活動: 8.0/ 中等度の身体活動: 5.0/ 歩行: 3.3) を乗じて, 身体活動量 (メッツ・分/週) を算出する。その数値や運動の頻度から, カテゴリー 1

(low)～3 (high) に分類することができる。

RPE は 6～20 のスケールを提示し, 主観的によどの程度の運動強度であったかを確認する方法である。この方法による信頼性は有酸素運動と無酸素運動, 両方において確認されており, 心拍数や血圧などの測定を行わずに運動強度を予測するものである。

OSA で得られる睡眠感は, 日々変動する睡眠感を尺度化したもので, 起床時の睡眠内省を評価するための心理評価尺度である。評価項目は 5 因子形 16 項目から構成されており, 4 段階評価から選択する形式となっている。

2) 自記式質問紙の実施

ゴルフ競技終了後に RPE により主観的なゴルフ競技の運動強度を聴取し, IPAQ short 版により運動習慣について評価した。血圧, CFS, RAS による評価を介入の前後に 2 回実施した。介入翌朝午前 7 時 30 分に OSA による睡眠の評価を行った。

6. 統計解析

解析には SPSS 26 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) を用い, 統計学的優位水準は 5% に設定した。血圧, CFS, RAS はそれぞれの下位項目について, 介入前の得点から介入後の得点を引いた差 (変化量) を, RPE は得点を, OSA は下位項目の得点を変数とし, 対応のある t 検定を実施した。

【結果】

被験者情報を表 1 に示す。被験者は 20 名のうち, 9 割が男性で, 20～30 歳代が 75% を占めた。2 回のゴルフ競技を通じて得られた RPE によって測定された主観的な運動強度, HBOT 実施前における収縮期/拡張期血圧・脈圧, CFS の合計点, RAS の各下位項目については両群において差はみられなかった。

<血圧の評価>

介入前後における収縮期血圧, 拡張期血圧の変化量は両群間で差は認めなかった (収縮期血圧: $t(19)=0.80, p=0.43$ 拡張期血圧: $t(19)=$

		N (%)	平均値	標準誤差	標準偏差	t	p
性別	男性	18 (90)					
	女性	2 (10)					
年代	20歳代	10 (50)					
	30歳代	5 (25)					
	40歳代	2 (10)					
	50歳代	0 (0)					
	60歳代	3 (15)					
飲酒習慣	しない	0 (0)					
	機会飲酒	5 (25)					
	月に1回以上	0 (0)					
	週に1回以上	12 (60)					
	毎日	3 (15)					
喫煙	しない	13 (65)					
	する	7 (35)					
服薬	なし	17 (85)					
	あり	3 (15)					
IPAQ	強い身体活動		144		274		
	中等度の身体活動		232		443		
	歩行		738		1048		
	総身体活動量		1114		1164		
	カテゴリー	1: 低身体活動	10 (50)				
	2: 中身体活動	9 (45)					
	3: 高身体活動	1 (5)					
血压	収縮期血压		122.4	2.65		-0.62	0.55
			120.5	2.70			
	拡張期血压		74.7	2.24		-1.35	0.19
			74.2	2.19			
脈压		47.7	2.00		0.54	0.60	
		48.8	1.98				
RPE	介入群		13.95	0.39		0.36	0.72
	対照群		13.75	0.42			
CFS	介入群		18.50	2.05		-0.09	0.93
	対照群		18.70	1.80			
RAS	眠気	介入群	8.50	0.82		-0.04	0.97
		対照群	8.55	0.79			
	全般的活性	介入群	5.25	0.58		-0.41	0.69
		対照群	5.55	0.47			
	リラックス	介入群	7.15	0.74		0.51	0.61
		対照群	6.65	0.64			
	緊張	介入群	5.20	0.74		-1.01	0.32
		対照群	6.30	0.81			
	注意集中困難	介入群	6.30	0.75		-0.63	0.53
		対照群	7.00	0.81			
	意欲減退	介入群	6.40	0.79		-0.32	0.75
		対照群	6.75	0.76			

表 1 被験者情報

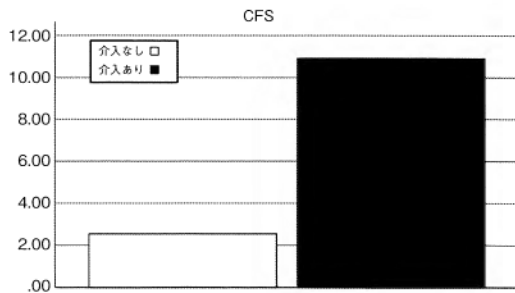


図1 CFS 変化量の平均

-1.779, $p = 0.09$) が, 脈圧の変化量は介入群で有意に大きかった [t (19)=2.58, $p=0.02$].

<疲労の評価>

介入前後における CFS 合計点の変化量は, 対照群より HBO 群の方が有意に高かった (t (19)=3.75, $p<0.01$) (図1)。RAS の6つの因子のうち, 眠気, 緊張, 注意集中困難, 意欲減退の4因子の介入前後でのスコア減少量は, 対照群より HBO 群のほうが有意に大きかった (眠気:t (19)=3.75, $p<0.01$; 緊張:t (19)=3.59, $p<0.01$; 注意集中困難:t (19)=4.07, $p<0.01$; 意欲減退:t (19)=4.36, $p<0.01$)。また, 全般的活性, リラックスの両スコア増加量は, 対照群より HBO 群の方が有意に大きかった (全般的活性:t (19)=2.27, $p<0.01$; リラックス:t (19)=2.29, $p<0.01$) (図2)。

<睡眠の評価>

OSA 睡眠調査票 (MA 版) により, 起床時眠気 (sleepiness on rising), 入眠と睡眠維持 (initiation and maintenance of sleep), 夢み (frequent dreaming), 疲労回復 (refreshing), 睡眠時間 (sleep length) を調べた。介入群では対照群に比べ, 起床時眠気のスコアが小さく [t (19)= -3.19, $p<0.01$], 疲労回復のスコアが大きかった [t (19)=4.12, $p<0.01$]。一方, 入眠と睡眠維持 [t (19)=-1.85, $p=0.80$], 夢み [t (19)=0.42, $p=0.68$], 睡眠時間 [t (19)=-0.36, $p=0.71$] において二群間で有意差を認めなかった。

【考察】

中強度程度の適度な身体活動が気分などの精

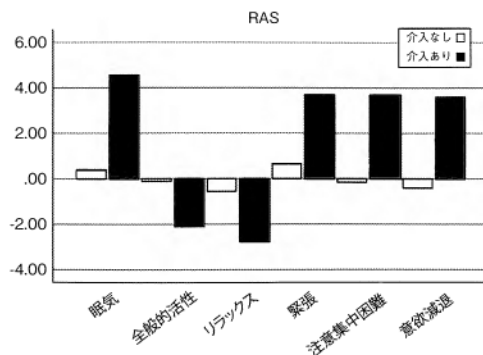


図2 RAS 各下位項目の変化量の平均

神症状に効果があることは従来より指摘されており, モノアミンや β -エンドルフィンによる効果であることが示唆されている¹³⁾。運動強度が3.5-4.8 METs 程度であるゴルフは, 身体面と精神面の双方において有用性が期待される。本研究ではゴルフ競技後に実施した HBOT の, 疲労とその夜の睡眠への影響が示唆された。

RAS の下位項目のうち, 得点の低下がみられた「眠気」, 「注意困難」, 「意欲減退」の3つは疲労に関連する項目で, CFS の合計得点の減少と一致していた。疲労の原因となり得る要因として, 酸素消費に伴い生じた活性酸素種¹⁹⁾ や免疫系の賦活により生じた炎症¹⁰⁾ による障害からの生体機能の修復遅延に関連があると指摘されている。HBOT は機序として虚血部への酸素供給のみならず, scavenger を増生させて生体の防御機能を高めることが想定されている¹¹⁾。また, 免疫に対する作用の関連も多く指摘されており⁴⁾, 単回の HBOT の直後に CD8/CD4 比が変化し, 24 時間後まで効果が持続した報告もある¹⁾。

また, RAS の「緊張」では得点が減少し, 「リラックス」での得点上昇がみられ, 脈圧が有意に低下した点について自律神経系の作用を考えた。高圧酸素療法時の自律神経反応をみた検討では心拍数の減少などが観察され⁸⁾, 逆に, 低圧低酸素状況下で収縮期血圧および脈圧が上昇する報告もある¹⁷⁾。

過去の研究によると、高強度の運動を実施した際に夜間睡眠中の脳波活動に大きな変化はないものの、睡眠前半の心拍数が有意に増加する¹³⁾。これは、運動により賦活された交感神経系作用の残存が考えられる。メタ解析によると、運動は総睡眠時間及び徐波睡眠を軽度増加させ、レム睡眠を軽度に減少させ、運動の強度や時間の違いによって程度は異なるものの、睡眠の質を向上する可能性を持つが²⁰⁾、本研究においては同様にゴルフ競技を実施した二群間において、OSAで測定された翌日の「疲労回復」や「起床時の眠気」に差がみられたことはHBOTによって夜間の睡眠の質が高められた可能性がある。HBOTの睡眠への影響は、睡眠中の心拍数や心拍変動解析を行うなど身体的要因の測定を行うことが望ましく、慎重な検討を要する。

これらの結果からHBOTは、虚血部への酸素供給・scavengerの増生や炎症系への採用により生体防御機能の高め、また自律神経系への作用を介して、①疲労の回復を促し、②自律神経系へも影響を及ぼし、緊張を緩和する一方で、リラックス効果をもたらし、③睡眠の質を向上し、起床時の眠気を軽減し、疲労回復をもたらす治療方法である可能性が示唆された。

本研究の限界は以下に列挙する。(i) ゴルフスキルや経験の個人差、実施日の体調、天候などのゴルフ競技における疲労や睡眠に及ぼす因子を考慮していない、(ii) 質問紙表による主観的な評価である、(iii) 介入の盲検化がされず、期待バイアスを排除できない、(iv) ゴルフ競技を行っていない群の設定をしておらず、ゴルフ競技による疲労に対する影響を考慮していない。

以上から、今後はサンプルサイズを増やした上で、これらの因子を解析対象に含めることが望ましく、季節を跨いだサンプル収集による天候の影響を最小化する試みなどが必要である。今後は健常者以外の認知症患者などにも対象を広げてゴルフもしくは適度な身体活動後のHBOT効果を検討し、精神医療への応用につな

がる研究へと発展させたい。

【結 論】

健常者を対象としてゴルフ競技後のHBOT効果を心理学的に検証した結果、疲労と睡眠の改善効果が明らかになった。

謝 辞

猛暑の中、本研究に協力してくれた参加者に感謝の意を表する。

利益相反

本研究に関連して、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Bitterman N, Bitterman H, Kinarty A et al: Effect of a single exposure to hyperbaric oxygen on blood mononuclear cells in human subjects: Undersea Hyperb Med, 20(3): 197-204, 1993.
- 2) Borg G, Hassmén P, Lagerström M: Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. Eur J Appl Physiol 65: 679-685, 1987.
- 3) Craig CL, Marshall AL, Sjöström M et al: International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. Med Sci Sports Exerc. 35: 1381-1395, 2003.
- 4) Efrati S, Golan H, Bechor Y et al: Hyperbaric oxygen therapy can diminish fibromyalgia syndrome-prospective clinical trial: PLoS One, 10(5): e0127012, 2015.
- 5) Gill AL, Bell CN: Hyperbaric oxygen: Its uses, mechanisms of action and outcomes: QJM, 97:385-395, 2004.
- 6) 花輪治子, 中野弘一, 筒井未春ほか: チャルダー疲労質問票日本語版の作成について. 第7回慢性疲労症候群(CFS)研究会, 2002.
- 7) John WC, Julian C, John HZ: Hyperbaric oxygen and cerebral physiology. Neurol Res. 29: 132-141, 2007.
- 8) 加治良一, 中村英文, 吉里美智也ほか: 高圧酸素療法時の自律神経反応: 心拍変動解析を用いた検討, 日本高気圧環境医学会雑誌 32(1): 46-46, 1997.
- 9) Kathryn LB, David BK: Let Me Play, Not Exercise! Journal of Leisure Research, 46(2):127-152, 2014.
- 10) Lee CH, Giuliani F. The Role of Inflammation in Depression and Fatigue: Front Immunol. 10: 1696, 2019.
- 11) 眞野喜洋, 秋場 仁, 高野尚志ほか: 高気圧酸素暴露に伴う血漿中のhydroxyl radical(\cdot OH)に関する研究. 日衛誌 (Jpn. J. Hyg.) 42(2), 1987.

- 12) 村瀬訓生, 勝村俊仁, 上田千穂子ほか: 身体活動量の国際標準化-IPAQ 日本語版の信頼性, 妥当性の評価. 厚生の指標, 49(11): 1-9, 2002.
 - 13) Myllymäki T, Kyröläinen H, Savolainen K et al: Effects of vigorous late-night exercise on sleep quality and cardiac autonomic activity: J Sleep Res, 20: 146-53, 2011.
 - 14) Peluso MA, Guerra de Andrade LH: Physical activity and mental health: the association between exercise and mood. Clinics (Sao Paulo), 60(1): 61-70, 2005.
 - 15) Shimada H, Lee S, Akishita M et al: Effects of golf training on cognition in older adults: a randomised controlled trial: J Epidemiol Community Health. 72(10): 944-950, 2018.
 - 16) 高橋 誠, 北島洋樹, 本城由美子: 精神的作業負担チェックリストの作成とそれによる眠気とリラック
ス状態の関係構造の検討. 労働科学. 72(3): 89-100, 1996.
 - 17) Trapp M, Trapp EM, Egger JW et al: Impact of mental and physical stress on blood pressure and pulse pressure under normobaric versus hypoxic conditions: PLoS One, 9(5): e89005, 2014.
 - 18) 山本由華史, 田中秀樹, 高瀬美紀ほか: 中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠感調 査票 (MA 版) の開発と標準化. 脳と精神の医学 10: 401-409, 1999.
 - 19) 渡辺恭良: 最新・疲労の科学 抗疲労・抗過労への提言. 医歯薬出版, 東京, 2010.
 - 20) Youngstedt SD, O'Connor PJ, Dishman RK: The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis: Sleep, 20(3): 203-214, 1997.
 - 21) 国際標準化身体活動質問票のデータ処理および解析に関するガイドライン, http://www.tmu-ph.ac/pdf/180327_1.pdf (2020.8.7 参照)
-