

長期間長時間の山岳修行が修行者の 運動能力および身体機能に及ぼす影響

内 田 英 二
大 橋 信 行
木 本 理 可
塚 本 未 来
神 林 未 勲
武 田 秀 勝

I . 緒言

多くの宗教に「苦行」と呼ばれる修行が見受けられるが、それらは長い年月をかけ、気候や風土などを熟慮しながら、その過酷さを最大限に引き出したものを作り上げてきたと考えられる。修行の期間や方法などは、主に修行僧の経験則から決められてきたものと考えられるが、現在それを行ううえできわめて合理的なシステムに洗練されてきたと考えられるものが多い。

本邦に仏教が伝来したのは6世紀頃であり、本邦内では神仏習合という土着の神祇信仰と仏教信仰が融合した宗教が広まった。仏教はその後独自の進化を遂げるが、一部に神仏習合を現代まで引き継ぐ宗教もある。その一つが修験道であり、俗に「山伏」と呼ばれる人たちを擁する宗教である。この修験道には現在も多くの苦行が存在し、それを実践している僧侶も多い。

修験道では長期間にわたり山歩きを行う「回峰行」が行われる。その内容は、靡（なびき）と呼ばれる行場で読経をしながら、奈良県吉野にある本山の金峯山寺（標高 471m）から山上ヶ岳山頂（標高 1719m）まで距離約 25km、標高差約 1200m の山道を往復するものである（塩沼と板橋、2007）。

この回峰行を 100 日連続で行うものを「百日回峰行」と呼び、前半 50 日（隔

夜行)間は金峯山寺と山上ヶ岳山頂間を2日かけて往復し、後半の50日(日参行)間は同じ行程を1日で往復する。

この行は本山の許可がなければ実施することはできないこと、身体的に負担が大きいため年齢、体力も実施の重要な条件となること、などの理由から毎年行われるわけではない。

運動時間が数時間におよぶスポーツ種目としては、ウルトラマラソンやトライアスロン、トレイルランニングなどが挙げられる。本邦で行われている競技会のなかで250kmを48時間以内に走破するというレースがあり、最も距離が長く時間も長いとされている(山口100萩往還マラニック大会実行委員会、2013)。多くのレースは、距離にして100km前後のレースが多く、走行時間がトップランナーで6時間程度と報告されている。このような運動では身体に対する生理的負担が大きいため、連続して行うことはほとんどない。

今回我々は百日回峰行を行う修験道の修行者に関する身体機能を測定する機会を得た。長期間の修行が身体に与える生理学的影響をまとめた研究はほぼ皆無であり、修行中のデータを得ることは非常に貴重なものと考えている。そこで本研究では長期間かつ長時間の山歩きを行う修行が修行者の身体機能にどのような影響を与えるのかを運動能力および血液成分、尿中物質等の生理生化学的指標から明らかにすることを目的として検討を行った。

II. 方法

A. 対象者

本研究の対象者は金峯山修験本宗金峯山寺に属する男性僧侶1名(26歳)であった。

B. 研究期間および修行内容

本研究は、実際の修行期間である2011年5月から8月の100日間およびその前後に種々の測定を行った。

百日回峰行に先立ってその準備である前行を7日間行われ、その後100

日間の本行が行われた。

山行は金峯山寺から山上ヶ岳山頂まで約 25km の往復であった。隔夜行が前半 50 日間、日参行は後半 50 日間であった。

C. 測定項目

1) 形態計測

形態については修行期間前後に身長、体重、体脂肪率などについて体組成計（タニタ社製 BC-308）を用いて測定した。得られた測定値から body mass index (BMI) を算出した。なお身長以外の項目については、同機種の体組成計を山頂の宿坊に設置して隔夜行期間の測定を行った。

2) 身体機能測定

身体機能については運動能力測定および医学的検査を修行期間前後に行った。

運動能力測定は文部科学省運動能力テストを中心に握力、垂直跳び、上体起こし、長座体前屈、光刺激による全身反応時間、閉眼片足立ちおよび自転車漕ぎ運動による全身持久力測定から最大酸素摂取量を測定した。測定は奈良県吉野町立総合体育館内トレーニング室で行った。

全身持久力測定は ERGOCISER EC-1600（株式会社キャットアイ製）を用いた。酸素摂取量は運動強度と脈拍数の関係の直線回帰し、直線を年令で仮定する最高心拍数（ $= 204 - 0.69 \times \text{年令}$ ）まで外挿したときの運動強度を最大運動能力とし、その時点の値を最大酸素摂取量とした。

医学的検査は、近隣の医療機関にて人間ドックを修行期間前後に受診した。血液検査は一般的な検査項目に加え、クレアチンホスホキナーゼ (CPK)、エリスロポエチン (EPO) について行った。

3) 尿中 8-OHdG の測定

尿試料から酸化ストレスの指標である尿中 8-ヒドロキシデオキシグアノシン (8-hydroxy-deoxyguanosine; 8-OHdG) の測定を行った。試料は修行前、開始 34 日目 (6 月 5 日)、68 日目 (7 月 9 日) および終了後の計 4 回採取した。いずれも第 1 尿をすべての尿を採取し、尿量を計測した後、尿中 8-OHdG 分析用試料 (5ml) 5 本を分注した。この分注試料はドライアイスを用いて急冷し、 -80°C の冷凍庫内で凍結保存した。

冷凍した尿試料を常温で解凍した後、遠心分離機 (パーソナル冷却遠心機

2700。久保田商事株式会社製)を用い、2000 rpm で 10 分間遠心分離を行った。沈殿物を除いた上清を尿中 8-OHdG 含有量の分析に用いた。

尿中 8-OHdG の分析は ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) 法による測定キット (8-OHdG Check、日本老化制御研究所製) を用いて行った。8 × 12 ウェルのマイクロプレートのそれぞれのウェルに調整した試料と再構成した第一抗体を 50µl ずつ分注し恒温槽 (CO2 water jacketed incubator、Forma Scientific 社製) 内にて 37°C で 1 時間反応させた。反応終了後ウェルの反応液を捨て洗浄液で 3 回洗浄を行った。そして第 2 抗体を 100 µl 加え、再び 37°C で 1 時間反応させた。3 回の洗浄後、発色剤を 100µl 加え、遮光した状態で 15 分間反応させ、反応停止液を加えた。吸光度の測定にはマイクロプレートリーダー (Bio Rad 社製) を使用した。測定キットに含まれている 8-OHdG 標準液 (Standard 8-OHdG solution) を用いて 8-OHdG 濃度と吸光度の標準曲線を作成した。この標準曲線を用い各サンプルの吸光度より尿中 8-OHdG 濃度を定量した。

なお本研究は研究倫理を審査する大正大学学術研究助成金運営委員会の承認を得て実施した。

Ⅲ. 結果

1) 形態について

形態計測の測定結果は Table 1 に示した。

体重は 59.8kg から 53.3kg に約 10.8% の減少を示し、同様に体脂肪率は 19.6% から 10.4% まで低下した。しかしながら除脂肪体重は 47.9kg と 47.8 kg とほぼ変化がなかった。

期間中の体重、体脂肪率の変化については隔夜行に比して日参行で顕著な減少が観察された。

Table 1. Anthropometric measurement of the subject in pre- and post-ascetic training.

	unit	pre	post
Body Height	(cm)	172.5	172.6
Body Weight	(kg)	59.8	53.3
%fat	(%)	19.6	10.4
Body Mass Index	(kg/m ²)	20.1	18.0
Fat Free Mass	(kg)	47.9	47.8

2) 運動能力測定

修行の前後に行なった運動能力測定の結果は Table 2 に示した。顕著な向上を示した項目は、全身反応時間、閉眼片足立ち、長座体前屈および最大酸素摂取量であった。反対に能力の低下を示した項目は垂直跳び、変化がなかった項目が握力と上体起こしであった。

Table 2. Physical fitness of the subject in pre- and post-ascetic training.

	unit	pre	post
Grip strength	(kg)	37.6	37.9
Vertical jump	(cm)	50	46
Jumping reaction time	(sec)	0.374	0.333
Foot-balance with eyes closed	(sec)	76	138
Sitting trunk flexion	(cm)	45	52
VO ₂ max	(ml/kg/min)	48	71
Sit-ups	(times)	25	24

3) 尿中 8-OHdG 分析

尿中 8-OHdG については尿中 8-OHdG 濃度 (ng/mL)、尿中クレアチニン濃度 (mg/mL) および 8-OHdG /クレアチニン比 (ng/mg) について分析した。8-OHdG /クレアチニン比の変化について Fig.1 に示した。

尿中 8-OHdG 濃度、8-OHdG /クレアチニン比いずれも初回以降修行期間中に増加傾向を示したが、終了後は開始時に近い数値を示した。

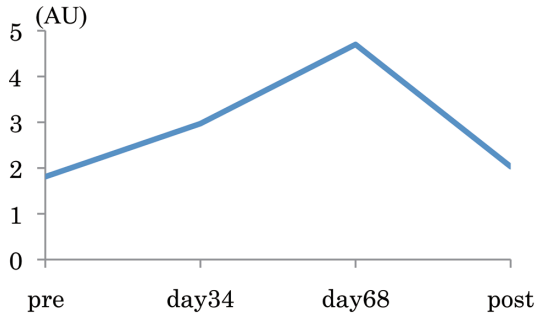


Fig. 1. The change of urinary 8-OHdG/Creatinine ratio during ascetic

4) 血液および生化学検査

血液生化学検査の結果を表2に示した。HDL-C、LDL-Cいずれも低下したが、中性脂肪は大きく増加した。総コレステロール、CPK、血中エリスロポエチンに変化は認められなかった。

Table 3. Comparison of blood test values of the subject.

Blood test items ^{a)}	(unit)	Normal range	pre	post
GLU	(mg/dL)	65-109	79	86
HbA1C	(%)	4.3-5.8	4.5	4.7
AST	(U/L)	5-37	17	26
ALT	(U/L)	6-43	12	39
TP	(g/dL)	6.5-8.5	7.3	6.6
HDL-C	(mg/dL)	40-70	63	49
LDL-C	(mg/dL)	70-139	123	78
T-Cho	(mg/dL)	150-219	199	203
TG	(mg/dL)	30-149	54	359
CPK	(U/L)	57-240	161	181
EPO	(mIU/mL)	9.1-32.8	17.2	16.2

^{a)} GLU, glucose; HbA1C, hemoglobin A1C; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; TP, total protein; HDL-C, HDL-cholesterol; LDL-C, LDL-cholesterol; T-Cho, total cholesterol; TG, triglycerides; CPK, creatine phosphokinase; EPO, erythropoietin

IV. 考察

運動能力に関しては持久的能力の指標である最大酸素摂取量（推定）が約150%向上した。このことは100日間におよぶ山行が有酸素性作業能力のトレーニングとして極めて高い有効性を示したことを意味している。一般的には開始前の能力によってその改善のレベルには差が生ずる。各年代における最大酸素摂取量の目安（厚生労働省、2013）についてTable 4に示したが、本対象者の場合、開始前の測定値（48ml/kg/min.）は同年代の平均的な値40ml/kg/min.と比較しても高い傾向にあった。内田（2012）は本研究の修行と同行程で行った山行時の心拍数を測定した。行程前半は靡と呼ばれる読経による停止があるため、心拍数の上昇は小さかったものの、靡が少なくなる山行後半では平均心拍数が約125bpmであり、カルボーネン法を用いた心拍予備能で算出した運動強度は約54%であった。さらに急勾配の箇所では最高心拍数が160bpm（83%）まで上昇していた。また石坂（2003）は40日にわたる四国遍路における歩行時の生体負担について心拍数から検討した。その結果、平均心拍数（/日）はおおよそ100拍（/分）程度であり、急な勾配を歩いた日は130拍（/分）を超える日があったとしている。本研究における山行では山道の平均斜度が約5%であり、とくに後半には勾配が大きくなることから高い運動強度となったものと考えられる。

Table 4 Reference values for the maximal oxygen uptake for health promotion by gender and age. (Mhlw, 2013) (unit;ml/kg/min)

age	18-39	40-59	60-69
male	39	35	32
female	33	30	26

尿中の8-OHdGはDNA酸化損傷の指標（ストレスマーカー）とされ、その値はストレスの大きさと比例することが知られている。とくに自転車のロードレースやマラソンなど長時間運動でその値が運動後に増加することが報告されている（Almarほか、2002、Viguieほか1993）。本研究では

修行期間中に増加し、終了後に前値に近い値に回復した。神林ほか（2005）は尿中 8-OHdG 含有量が漸増負荷運動後に安静時の 2 倍程度に増加したとしている。また神林ほか（2009）、木本ほか（2012）は、中強度の有酸素運動では運動後に 8-OHdG レベルに変化がなかったとしている。さらに Viguie ほか（1993）は中強度での 90 分間の有酸素運動を 3 日連続した結果、8-OHdG 含有量に変化がなかったとしている。今回は長期の修行期間中の測定であることから単純に比較することは難しいが強度の高さに比例した値が得られている。したがって酸化ストレスは運動強度に応じて後半の期間に高まったことが示唆された。

本研究では、修行が最優先されるなかでの測定であったことから各種の測定、とくに修行期間中については測定環境などの条件を一定にすることは困難であったが、修行における身体機能の変化について一定の成果を得ることができたと考える。

今後も百日回峰行の身体的影響を明らかにするために例数を増やして検討する必要性が示唆された。

参考文献

- Almar M, Villa JG, Cuevas MJ, Rodríguez-Marroyo JA, Avila C and González-Gallego J (2002) Urinary levels of 8-hydroxydeoxyguanosine as a marker of oxidative damage in road cycling. *Free Radic Res* 36:247-253.
- 萩原正大、山本正嘉（2011）歩行時の傾斜、歩行速度、および担荷重量との関連からみた登山時の生理的負担度の体系的な評価～トレッドミルでのシミュレーション歩行による検討～、*体力科学* 60：(3) :327-341.
- 石坂徹（2003）四国遍路の運動強度、*日本体育学会大会号* 54：493.
- 神林勲、石村宣人、中村寛成、内田英二、武田秀勝、藤井博匡（2004）短時間の高強度間欠的運動は尿中 8-OHdG 含有量を増加させる、*日本運動生理学雑誌* 11（2）, 61-67.
- 神林勲、石村宣人、中村寛成、木本理可、内田英二、藤井博匡、武田秀勝（2005）運動による DNA 酸化損傷と好中球スーパーオキシド生成能の関係、北

- 北海道体育学研究 40：1-7.
- 神林勲、木戸聡史、木本理可、日下部未来、内田英二、吉田貴彦、武田秀勝（2009）中高年を対象とした一過性の中強度有酸素運動が酸化ストレスと抗酸化指標に与える影響——中高年の中強度有酸素運動における酸化還元指標——北方産業衛生 47：11-19.
- 木本理可、神林勲、石村宣人（2005）熟成ニンニク抽出液が日常定期的運動負荷時および一時的最大運動負荷時の尿中 8-OHdG 含有量推移に及ぼす影響、北海道スポーツ医・科学雑誌 10：17-26.
- 木本理可、神林勲、森田憲輝、塚本未来、阿部千春、高野みさと、藤井達也、室田千佳、内田英二、武田秀勝（2012）陸上競技選手における専門種目および性差が中強度運動時の運動誘発性酸化ストレスに与える影響、北海道体育学研究 47：43-49.
- 厚生労働省（2013）健康づくりのための身体活動基準 2013、Pp.50.
- 大橋信行、内田英二、神林勲、武田秀勝、大野誠（2011）山岳修行が修行僧の身体機能に与える影響について、第 151 回日本体力医学会関東地方会予稿集.
- 塩沼亮潤、板橋興宗（2007）大峯千日回峰行——修験道の荒行——、P228、春秋社、東京.
- 内田英二（2012）長期間にわたる長時間の山歩きを伴う修行がヒトの生体機能に及ぼす影響、平成 22 年度大正大学学術研究助成研究成果報告書、pp.233-236.
- Viguie CA, Frei B, Shigenaga MK, Ames BN, Packer L and Brooks GA（1993）Antioxidant status and indexes of oxidative stress during consecutive days of exercise. J Appl Physiol 75:566-572.
- 山口 100 萩往還マラニック大会実行委員会（2013）、山口 100 萩往還マラニック大会開催要項、2012 年 7 月 29 日 < <http://www.hagi-o-kan.com/> >（2013 年 10 月 31 日）