

原著

ウエルネスウォーキングにおける自律神経活動指標による生体疲労の研究

Effects of wellness walking on fatigue evaluated by autonomic nerve function.

西村典芳¹⁾、山中 裕²⁾、水野敬³⁾

Noriyoshi Nishimura¹⁾, Yutaka Yamanaka²⁾, Kei Mizuno³⁾

1) 神戸山手大学現代社会学部観光学科、2) 関西医科大学大学院健康科学科、3) 理化学研究所健康生き活き羅針盤リサーチコンプレックス推進プログラム

1) Faculty of Study of Contemporary Society, Department of Tourism, Kobe Yamate University, 2) Department of Health Science, Kansai Medical University, 3) RIKEN Compass to Healthy Life Research Complex Program

連絡先：西村典芳

〒650-0006 兵庫県神戸市中央区諏訪山町 3-1 tel 078-341-6060 fax 078-371-4972

e-mail. n-nishimura@kobe-yamate.ac.jp

要旨

ウエルネスウォーキング(以下、WWK)のプログラムは、疲労因子と疲労回復因子で構成されており、疲労効果を低減する効果が期待されるが、双方の因子を含有するため WWK においては主観的な疲労感と生体的な疲労が異なる可能性がある。本研究は、1 週間毎に実施した計 5 回の WWK 後の主観的な疲労感と生体的な疲労との比較を行い、WWK における生体的な疲労の測定の必要性を検討した。分析対象者は、週 1 回・計 5 日間のプログラム全てに参加した介入群 22 名と対照群 20 名であった。Profile of Mood States によって評価された主観的な疲労は、介入後に低減されたが、介入後の自律神経機能の交感神経活動は、介入前よりも高くなっており、主観的な疲労感と生体的な疲労に異なる傾向があった。よって、WWK 時には、主観的疲労を計測することに加え、自律神経機能等の生体的な疲労を測定する必要があることが示唆された。

SUMMARY

It is expected that wellness walking provides anti-fatigue effects. However, we should consider fatigue induced by wellness walking. The aim of the present study is to understand the gap between subjective mood and biological response after wellness walking of once a week during 5 weeks. We analyzed the data obtained from 22 healthy participants of the intervention group and 20 healthy participants of the non-intervention (control) group. We found that subjective mood including fatigue evaluated by Profile of Mood States (POMS) was improved after the intervention. However, sympathetic nerve activity of autonomic nerve function after the intervention was higher than that before the intervention. These results suggest that it is necessary to monitor and control fatigue condition by measuring subjective and objective fatigue when wellness walking is performed.

目的

ドイツでは、森林などの自然を利用した健康保養地の自然療法に社会健康保険が適用され、年間 1900 万人が健康保養地に訪れている⁽¹⁾。そこでの自然療法の一つとして、気候療法がある。気候療法は、日常生活と異なった気候環境に転地し、受動的な気候因子への暴露および能動的な気候因子の活用による疾病の治癒、健康増進法である⁽²⁾。現代の気候療法は、地形療法(遊歩道の傾斜、砂浜の負荷などの地形の因子による負荷で、所定の速度で歩行し、心肺機能の回復、リハビリテーションを行う)、外気横臥浴(適応症は臓器に異常のない循環器系疾患、病気の回復期、呼吸器疾患であり、気候地形療法と併用することにより、相補的に作用して治療効果を高める)、太陽光治療、外気浴(人工的に再現した療法は、エアロゾル療法として派生)で構成される⁽³⁾。地形療法の歩行は、目標心拍数を設定し、目標心拍数を運動に不慣れな者は「160-年齢」の基準で、歩行の速さを調整する方法で実施している⁽⁴⁾。スポーツ医学では、持久力トレーニングの基準として、いろいろな基準を提示しており、「180-年齢」の心拍数が、各人それぞれの無酸素性作業閾値に相当するとしている。しかし、運動不足の人やトレーニングの開始時は、負荷を少し下げて、「160-年齢」の心拍数になる程度のトレーニングから開始することを推奨している⁽⁵⁾。

この気候療法は、近年日本において森林浴も取り入れたウエルネスウォーキング(以下、WWK)となり、今日に至っている。ただ、運動はある強度を超えればストレスとなり、体の恒常性を乱すこともある⁽⁶⁾。一方、梶本は疲労をもたらす疲労因子と疲労回復を促す疲労回復因子を定義し、疲労回復因子には、森林浴によるゆらぎによる効果があると述べている⁽⁷⁾。今回の WWK においては、ウォーキング中に、外気横臥浴・森林浴等も行うプログラムのため、運動の疲労因子と外気横臥浴等の疲労回復因子の両方を含むプログラムとなっている。しかしながら、その疲労の測定は、気分プロフィール検査 Profile of Mood States(以下、POMS)等の主観的アンケート調査が主体であり、生体測定による客観的指標を用いて評価した研究は少ない。また近年、自己申告のアンケート調査では実際の疲労の実態は測定困難であるため、疲労の度合いを計測するバイオマーカーとなる自律神経活動のデータ等を用いて、実際の疲労を実証すべきだとの主張もある⁽⁸⁾。

筆者が今回、健康保養地プログラム開発の依頼を受けた兵庫県多可町では、自然環境や地域資源を活用し、町民の健康増進や介護予防対策に役立てようと健康保養地事業に 2015 年度から取り組んでいる。その取り組みは、多可町において、将来的にイキイキと自分らしく過ごせるように「健康寿命」を延ばすとともに、町外から人を呼び込み「交流人口」を増やすことで地域を活性化することを目指している。筆者は多可町健康保養地事業のコーディネーターとして、保養について先進的なドイツの取り組みを参考に多可町独自の健康保養地プログラムを開発した。その結果として我々は、「兵庫県多可町のウエルネスウォーキングによる 動機付けとロコモ度改善効果の研究」⁽⁹⁾において、週 1 回の介入でも参加者の健康への動機付けを改善できれば、日常生活の行動の変容による下肢筋力等の活用増加により、血圧やロコモ度(立ち上がりテスト・2 ステップテスト)が改善される可能性があることを報告した。今回は、今後の WWK の更なるプログラムの改善に役立てるため、生体による疲労の客観的指標を用いて、WWK おける生体疲労の測定について報告する。具体的には、心電波と脈波から算出する自律神経活動指標を生体的な疲労として捉え、それに対して、主観的気分調査票の POMS と相違点を明確にし、WWK 後の主観的な疲労感と生体的な疲労との比較を行い、WWK における生体的な疲労の測定の必要性を検討した。

方法

今回の研究対象地は、人口 22,026 名（2015 年 12 月 1 日現在）、世帯数 7,543 世帯および総面積 18,519 km²の兵庫県多可町で実施した。対象者は、週 1 回・計 5 日間のプログラム全てに参加した介入群 22 名（男 11 名、平均年齢 45.8±19.6 歳、女 11 名、平均年齢 49.9±22.7 歳）と対照群 20 名（男 9 名、平均年齢 49.5±8.7 歳、女 11 名、平均年齢 54.0±16.6 歳）であった。なお本研究は、和歌山県立医科大学倫理委員会の審査（倫理審査番号 1705）を受け実施した。

今回の研究では、生体的な疲労として自律神経測定、また、心理的な指標として POMS 調査を行った。自律神経測定センサー（VM302・株式会社疲労科学研究所製）は、両指を測定器に 3 分間入れ、反射式光電脈波と心電波を同時に測定し、疲労の評価基準である自律神経のバランスと自律神経の活動量（以下、cvTP）を算出するものである。自律神経のバランスは、心拍変動解析により、0.04~0.15Hz の低周波成分（以下、LF）と 0.15~0.4Hz の高周波成分（以下、HF）を算出し、LF と LF/HF は交感神経活動を反映し、HF は主に副交感神経活動を反映する。なお cvTP は、LF と HF を足した値（TP）を心拍数で補正した値で自律神経機能調節力を示す⁽¹⁰⁾。また、POMS は、対象者の主観的なその時の気分、感情の状態を測定できる質問紙であり、「緊張 - 不安」「抑うつ - 落込み」「怒り - 敵意」「活気」「疲労」「混乱」の 6 項目の気分尺度を算出することができる⁽¹¹⁾。

介入群は、2015 年 11 月 21 日から毎週「なかやちよの森コース(5km)」の WWK を 5 回実施した。介入群は、毎回 WWK 前に安静閉眼時の自律神経活動を自律神経測定センサーで計測した。そして、初回と 5 回目の計 2 回、WWK 前に POMS 調査を行った。介入群は、WWK 中に脈拍測定地点まで歩き、脈拍を「160-年齢」を超えないように歩くアドバイスをした。リーダーは、途中に設置されている案内看板「フィトンチッド」および「森林浴」などを解説しながら展望台を目指して歩き、同じ道を下る途中のゴール直前に、丸太で組んだ森のベッドで約 10 分ヨガマットを敷き「横臥療法」を実施後、「腕浴」を最後に実施した（Figure1）。WWK 実施日の天候と WWK 開始時の気温は 11 月 21 日くもり 16℃、11 月 28 日晴れ 6.3℃、12 月 5 日晴れ 2.8℃、12 月 12 日晴れ 11.6℃、12 月 19 日晴れ 5.8℃であった。



Figure1 横臥療法の様子と腕浴の様子

WWK に参加しない対照群は、介入群と同じ日午前 10 時に集合し、受付終了後、毎回の計 5 回、ほぼ介入群と同じ時間帯で安静閉眼時の自律神経活動を自律神経測定センサーで計測した。そして、初回と 5 回目の計 2 回、POMS 調査を行い午前 11 時に解散した。

解析には統計解析ソフトウェアの Excel 統計 2012[社会情報サービス]を用いた。自律神経データは、正規分布しないことを確認し、対応のあるウィルコクソンの符号付き順位検定で、実施回毎の群別比較を行った。POMS のデータも、対応のあるウィルコクソンの符号付き順位検定で、介入前後で群別比較を行った。自

自律神経データと POMS データはスピアマンの順位相関で相関分析を行った。統計的有意水準は 5%水準とした。

結果

1. 調査結果

自律神経活動のデータは、対応のあるウィルコクソンの符号付き順位検定で、介入前後で群別比較を行った (Table1)。LF において、介入群の介入前 420.4 ± 337.4 に対して 5 回目介入後 623.1 ± 620.5 に有意な差が確認された ($P < 0.05$)。また、LF/HF において、介入群の介入前 2.16 ± 1.97 に対して 4 回目介入後 2.94 ± 1.68 に有意な差が確認された ($P < 0.05$)。その他の自律神経活動のデータにおいては、有意な差は確認されなかった。

Table1 自律神経機能の介入前後の変化量

	平均±SD	介入前	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
ccvTP	介入群	2.81 ± 1.36	3.09 ± 1.63	3.15 ± 1.60	3.03 ± 1.69	3.24 ± 1.67
	対照群	2.83 ± 2.00	2.23 ± 1.60	2.91 ± 2.43	2.77 ± 1.89	2.97 ± 1.56
LF	介入群	420.4 ± 337.4	534.1 ± 536.1	609.8 ± 683.2	630.3 ± 736.2	$623.1 \pm 620.5^*$
	対照群	361.6 ± 818.9	328.3 ± 481.0	702.5 ± 1315.0	487.2 ± 620.8	529.0 ± 566.8
HF	介入群	434.6 ± 576.8	364.7 ± 441.0	331.8 ± 330.7	367.9 ± 452.0	399.1 ± 500.0
	対照群	396.6 ± 483.2	261.8 ± 301.9	407.4 ± 653.5	300.5 ± 527.2	351.4 ± 255.6
LF/HF	介入群	2.16 ± 1.97	2.01 ± 1.20	2.26 ± 1.58	$2.94 \pm 1.68^{**}$	2.32 ± 1.82
	対照群	1.67 ± 7.91	1.92 ± 1.87	2.17 ± 1.42	2.64 ± 2.53	1.73 ± 3.02

* $P < 0.05$ (介入前に対して), ** $P < 0.05$ (介入前と 2 回目に対して)

POMS のデータも、対応のあるウィルコクソンの符号付き順位検定で、介入前後で群別比較を行った。介入群は緊張・不安 ($P < 0.01$)、抑うつ・落込み ($P < 0.01$)、怒り・敵意 ($P < 0.05$)、疲労 ($P < 0.01$) で、介入前に対して有意に下がり、対照群は、緊張・不安 ($P < 0.05$)、怒り・敵意 ($P < 0.05$)、混乱 ($P < 0.05$) で、介入前に対して有意に下がった (Table2)。

Table2 介入前後の POMS の変化

平均値±SD	介入群実施前	介入群実施後	対照群実施前	対照群実施後
緊張・不安	4.4 ± 3.5	$1.6 \pm 2.0^{**}$	5.6 ± 3.5	$4.1 \pm 2.8^*$
抑うつ・落	3.2 ± 3.5	$1.0 \pm 1.5^{**}$	4.0 ± 3.2	2.9 ± 2.9
怒り・敵意	3.4 ± 3.8	$1.5 \pm 1.9^*$	5.3 ± 4.4	$3.9 \pm 3.4^*$
活気	8.7 ± 4.7	9.6 ± 5.3	7.6 ± 4.4	7.6 ± 4.4
疲労	4.0 ± 3.8	$1.5 \pm 1.8^{**}$	5.6 ± 4.3	4.8 ± 3.7
混乱	5.2 ± 3.7	3.5 ± 1.8	6.2 ± 2.6	$4.3 \pm 2.2^*$

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

2. POMS と自律神経活動に対する相関分析結果

介入群において、自律神経活動データと主観的調査 POMS の介入前後の変化量をスピアマンの順位相関で相関分析を行った。ccvTP に対して混乱($r=0.524, p < 0.05$)に正の相関、HF に対して抑うつ・落ち込み($r=0.555, p < 0.05$)、怒り・敵意($r=0.566, p < 0.01$)、疲労($r=0.518, p < 0.05$)、混乱($r=0.530, p < 0.05$)に正の相関、LF/HF に対して抑うつ・落ち込み($r=-0.550, p < 0.05$)、疲労($r=-0.533, p < 0.05$)に負の相関が確認された (Table3)。

Table3 自律神経活動と POMS の相関分析結果

	ccvTP	相関確率	LF	相関確率	HF	相関確率	LF/HF	相関確率
緊張・不安	0.0106	n. s.	-0.1278	n. s.	0.2065	n. s.	-0.2095	n. s.
抑うつ・落ち込み	0.2985	n. s.	-0.0218	n. s.	0.5551	*	-0.5504	*
怒り・敵意	0.2727	n. s.	-0.0091	n. s.	0.5659	**	-0.4216	n. s.
活気	0.0273	n. s.	-0.0660	n. s.	-0.1267	n. s.	-0.1358	n. s.
疲労	0.3408	n. s.	0.1075	n. s.	0.5180	*	-0.5331	*
混乱	0.5238	*	0.3280	n. s.	0.5299	*	-0.2646	n. s.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

考察

自律神経活動の結果において、交感神経活動を反映している LF と LF/HF において、介入群における介入前の LF は 5 回目介入後に有意に増加し、LF/HF においても、介入前に対して 4 回目介入後に有意な増加が確認された。4 回目は、スタート時の気温が 11.6°C と他の晴れの日よりも 5°C 以上高かったため、両群とも LF/HF が増加傾向にあった可能性がある。しかしながら、介入群の方が対照群に対して、WWK 実施によってより交感神経活動が亢進していることを示唆する。

一方、主観的調査 POMS においては、介入群において緊張・不安、抑うつ・落ち込み、怒り・敵意、疲労の項目で、介入前に対して有意に下がっており、自律神経活動とは反対の傾向になっていた。WWK プログラムは、歩行を主体とした疲労をもたらす疲労因子と森林浴・横臥療法等の疲労回復を促す疲労回復因子が混在しており、この疲労回復因子の作用により、緊張・不安、抑うつ・落ち込み、怒り・敵意、疲労が低下したのではないかと推察される^(6,7)。この矛盾を解明するために、自律神経活動データと POMS の介入前後の変化量の相関分析を行った。自律神経機能調節力を示す ccvTP に対して、混乱と正の相関が確認された。これは、混乱する程、自律神経機能調節力が増加することを示しており、これは生体的に正常な反応と推察される。しかしながら、副交感神経活動を反映する HF に対して抑うつ・落ち込み、怒り・敵意、疲労、混乱に正の相関があったことは、この副交感神経活動において、主観的調査 POMS において、矛盾が生じていると推察される。そして、交感神経活動を反映している LF/HF に対して、抑うつ・落ち込み、疲労に負の相関が確認されたことに対しても同様の矛盾が生じている。

梶本は、栄養ドリンクを飲むことにより本当は疲れているのに疲労を隠すマスキング作用が起こると報告している⁽¹²⁾。WWK は、疲労因子と疲労回復因子の両方を含むプログラムであり、外気横臥浴や森林浴等の疲労回

復因子がマスキング作用により、生体的には疲労が増加していても、感覚的には疲労が軽減されているのではないかと思われる。このマスキング作用は、WWK の感覚的疲労感を減少させ、次回への参加意識を高めるためには有効だと思われる。しかしながら、感覚的疲労感と生体の疲労のギャップが拡大していくと、参加者が体調を崩す原因にもなりうる。今後、参加者の生体の疲労を把握するために自律神経活動データを用いて、参加者の疲労管理を行っていく必要があると考える。しかしながら、POMS は調査前の日常生活等が影響を与えている可能性もあり、感覚的疲労感と生体の疲労のギャップにおいてもマスキング作用以外の要因も考えられるので、今後さらなる調査の必要である。

今回調査した WWK のプログラムにおいて、実際の自律神経活動の生体反応と主観的な意識調査の POMS において、ギャップがあることが示唆された。今後、WWK のプログラムを実施する際、血圧やロコモ度の改善⁹⁾だけに着目するのではなく、自律神経活動計測等の生体測定により参加者の疲労管理を行う必要があると思われる。現行のプログラムでは WWK 開始時に、参加者の体調の問診と血圧測定を実施し、参加可否の判断をしており、POMS は体調の問診で代用している。これに加えて、最近の我々が実施する WWK プログラムにおいて、自律神経活動の測定を始めているが、自律神経活動の測定結果に対する運動強度等の配慮の基準に関しては、さらなる調査が必要と思われる。また、自律神経測定もその時々々の被験者の状態によって影響を受ける。本研究の測定では、血圧測定と同様に安静時での測定を行い年齢に対応しない異常値が測定された場合は、深呼吸をさせて再度計測を行った。今後、より正確に被験者の自律神経の状態を把握するためには、日頃の家庭等での測定データも必要ではないかと考える。これらの結果を、今後の多可町の WWK プログラムに取り入れ、誰でも安全に参加できる WWK プログラムの開発を目指していきたい。

文献

- (1) 上原巖. ドイツ・バート・ウェーリスホーフエン市における保養地形成過程 日本造園学会誌. 2001;64(5):493-496.
- (2) 阿岸祐幸、大塚吉則. 生気象学とリハビリテーション リハビリテーション医学. 1995.;2(7):447-455.
- (3) 宮地 正典. 「気候療法」 第四回 気候療法の実際 2 日温気物医誌. 2011;74(4):273-276.
- (4) 大井玄. 森林医学Ⅱ. 東京:朝倉書店,2009;50.
- (5) 小関信行、Angela S. クアルト入門 気候療法・気候性地形療法入門～ドイツから学ぶ温泉地再生のまちづくり～. 東京:書肆犀,2012;85-88.
- (6) Soya H. Exercise, Nutrition and Environmental Stress. Michigan: Cooper Publishing,2001;21-37.
- (7) 梶本修身. すべての疲労は脳が原因. 東京:集英社,2016;62-83.
- (8) 渡辺恭良、水野敬. 疲労と回復の科学. 東京:B&T ブックス日刊工業新聞社,2018;104-106.
- (9) 西村典芳、山中裕. 兵庫県多可町のウエルネスウォーキングによる 動機付けとロコモ度改善効果の研究 ウォーキング研究. 2018;22:17-20.
- (10) Mizuno K., Tanaka M., Yamaguti K. et al. Mental fatigue caused by prolonged cognitive load associated with sympathetic hyperactivity. Behavioral and Brain Functions,2011;7:17
- (11) 横山和仁編著. POMS 短縮版 手引と事例解説. 東京:金子書房,2005.
- (12) 梶本修身. すべての疲労は脳が原因. 東京:集英社,2016;116-170.