

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」
分担研究報告書(実験研究)

労働者の体力を簡便に測定するための指標開発

研究分担者 松尾知明 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
過労死等防止調査研究センター・上席研究員

<研究要旨>

【目的】“心肺持久力(cardiorespiratory fitness:CRF)”は疾病発症との関連が強い健康指標である。CRF 評価には最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)の実測がゴールドスタンダードとされているが、実測評価は汎用性の面で課題がある。本研究では、職域での疫学調査や労働者個人の健康管理に資する新しいCRF 評価法の提案を目指している。前期までの研究では、質問票として、“労働者生活行動時間調査票(WLAQ)”を、簡易体力検査法として、“J-NIOSH ステップテスト(JST)”を開発した。本研究では、これら新しいCRF 評価法の妥当性を、心血管疾患リスクとの関係から検証するための横断研究を行った。

【方法】国内企業等で勤務する30～59歳の労働者男女850人を対象とした。参加者は所定の実験室にて身体計測、WLAQ、JSTを行った。また、参加者には1年以内に受診した健診結果票を持参するよう依頼した。統計解析にはロジスティック回帰分析を適用し、オッズ比を算出した。その際、目的変数として健診データから求めた心血管疾患リスクの有無を、説明変数としてWLAQ、JST それぞれによる推定 $\dot{V}O_{2max}$ で分類したCRF群(低位、中位、高位)を、調整因子として性別、年齢、飲酒の有無、喫煙の有無、運動習慣の有無を、それぞれモデルに投入した。

【結果】推定 $\dot{V}O_{2max}$ 低位群を基準(1.00)とした場合、心血管疾患リスクは、WLAQ では、中位群 0.28(0.18-0.43)、高位群 0.09(0.05-0.16)、JST では、中位群 0.43(0.29-0.64)、高位群 0.19(0.12-0.29)であり、両評価法とも推定 $\dot{V}O_{2max}$ が高いほど疾病リスクが有意に軽減した。

【考察】開発した質問票(WLAQ)や簡易体力検査法(JST)から求めた推定 $\dot{V}O_{2max}$ は心血管疾患リスクと有意な関係にあった。この結果は、実測 $\dot{V}O_{2max}$ でのCRF評価と同様に、WLAQやJSTによるCRF評価が健康指標として有用であることを示している。特にWLAQは職域での疫学調査に活用できる。一方、労働者個人の健康管理を行う場面を考えると、質問票のみでは個人差を十分に捉えきれない。心拍数等の生体情報を評価に組み入れる必要があり、JSTはその有力候補になり得るが、これまでのところ、JSTによる $\dot{V}O_{2max}$ 推定精度がWLAQによる推定精度より著しく優れていることを示すデータは得られていない。今後の課題である。

【この研究から分かったこと】労働者向けに開発したWLAQとJSTがCRF評価法として有用であり、特にWLAQは疫学調査への活用が期待できる。

【キーワード】心肺持久力、心血管疾患、体力測定

研究分担者:

蘇 リナ(労働安全衛生総合研究所過労死等防止調査研究センター・研究員)

研究協力者:

村井史子(労働安全衛生総合研究所過労

死等防止調査研究センター・研究補助員)

中村有里(同センター・研究補助員)

近藤はな恵(同センター・研究補助員)

A. 目的

過労死やその関連疾患の予防策を講ずる研究では、労働時間や労働環境などの外的要因だけでなく、労働者自身が備え持つ特性としての内的要因も重要となる。我々はそれら内的要因のうち、労働者自身が自らの身を守るための要素としての“体力”、特に疾病発症との強い関連が先行研究¹⁾で示されている“心肺持久力(cardiorespiratory fitness: CRF)”に着目した研究に取り組んでいる。

CRF の代表的な評価指標は最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)であるが、 $\dot{V}O_{2max}$ を測定するための運動負荷試験では、熟練した測定者や高額な装置が必要であったり、疲労困憊に至るまでの高強度運動を対象者に求めたりするため、 $\dot{V}O_{2max}$ は多人数を対象とした検査や個人の健康管理には使いにくい。また、 $\dot{V}O_{2max}$ にはいくつかの推定法が提案されているが、それらは労働衛生での活用を企図されたものではないため、労働者には適用しづらい面がある。

そのような実状を背景に、第1期(H27~29年度)~第2期(H30~R2年度)の研究では、労働者を対象とした疫学調査や労働者の健康管理に資する新しい CRF 評価法の開発に向けた被験者実験を行い、質問票として、“労働者生活行動時間調査票(以下、WLAQ)”²⁾を、また、簡易体力検査法として、“J-NIOSH ステップテスト(以下、JST)”³⁾を開発した。これらの研究では、開発した評価法の妥当性を検証するため、WLAQ や JST から算出した推定 $\dot{V}O_{2max}$ と、トレッドミルによる運動負荷試験で測定した実測 $\dot{V}O_{2max}$ との関係性を分析している。

一方、第2期後半には、開発した CRF 評価法を用いた疫学調査を開始した。実測 $\dot{V}O_{2max}$ は心血管疾患リスクに強く関与することが先行研究で示されている⁴⁾。開発した CRF 評価法による推定 $\dot{V}O_{2max}$ を、将来、労働衛生分野における疫学調査や労働者の健康管理で活用するためには、新しい評価法で求めた推定 $\dot{V}O_{2max}$ も、実測 $\dot{V}O_{2max}$ と同様に、心血管疾患リスクに影響を及ぼす指標であることを疫学調査で確認しておく必要がある。本稿ではこれまでに得たデータの分析結果を報告する。

B. 方法

1. 対象者

対象者は東京都及びその近隣県に在所する国内企業等に勤務する 30~59 歳の労働者男女である。参加者は研究支援企業の協力を得て募集した。昨年度までの参加者数は 1,101 人であり、今年度の調査により 200 人程が追加される予定である。これらの内、本稿では、現時点で分析可能な 850 人の結果を報告する。表1に分析対象者の特徴を示した。

表1 分析対象者の特徴

	全体 (n = 850)	男性 (n = 449)	女性 (n = 401)
年齢、歳		45.4 ± 8.5	44.8 ± 8.6
体重、kg		70.6 ± 10.7	55.1 ± 8.6
腹囲、cm		85.1 ± 9.8	77.4 ± 9.7
BMI、kg・m ⁻²		24.2 ± 3.4	21.8 ± 3.3
収縮期血圧、mmHg		120.7 ± 14.7	109.9 ± 14.4
拡張期血圧、mmHg		75.6 ± 11.3	67.5 ± 11.1
HDLコレステロール、mg/dl		59.2 ± 14.6	71.4 ± 15.1
中性脂肪、mg/dl [§]		118.9 ± 86.9	77.4 ± 53.5
血糖、mg/dl		95.7 ± 17.9	88.5 ± 9.7
HbA1c、%		5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.3
高血圧症、n (%)		20 (4.7)	10 (2.6)
脂質異常症、n (%)		13 (3.0)	8 (2.1)
糖尿病、n (%)		7 (1.6)	1 (0.3)
喫煙者、n (%)		75 (16.7)	15 (3.7)
飲酒習慣者、n (%)		269 (60.3)	151 (37.9)
心血管疾患リスク該当者 [*] 、n (%)		189 (42.1)	47 (11.7)

*心血管疾患リスク：①BMI≥25又は腹囲≥85cm(男性)/90cm(女性)、②収縮期血圧≥130mmHg又は拡張期血圧≥85mmHg又は高血圧服薬有、③中性脂肪≥150mg/dL又はHDLコレステロール<40mg/dL又は脂質異常症服薬有、④空腹時血糖≥110mg/dL又はHbA1c≥5.6%または糖尿病服薬有、上記①~④のうち2つ以上該当する場合

2. 測定項目

参加者は労働安全衛生総合研究所または研究支援企業の実験室にて、身体計測、WLAQ、JST を行った。来室時、参加者には1年以内に受診した健診結果票を持参するよう依頼した。健診項目の内、収集した検査結果は、BMI、腹囲、血圧、血糖、HbA1c、HDL コレステロール、中性脂肪等である。

WLAQ は労働者の勤務時間、睡眠時間、座位時間等の生活時間を評価するとともに、 $\dot{V}O_{2max}$ 推定値の算出が可能な質問票である。WLAQ は安衛研ウェブサイトで公開している(https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/houkoku/houkoku_2020_04.html)。

JST は労働者が、職場で、省スペースで、安全に行えるよう工夫した5分間の CRF 検査法

である。3 分間のステップ運動中(1 分毎)とその後 2 分間の座位安静中(1 分毎)の心拍数を測定する。メトロノームのテンポに合わせ、ステップ台(30 cm 高)の昇降運動を行うもので、テンポが 1 分毎に早まる。JST の特長は、他のステップテスト(Chester step test 等)より、所用時間が短く、運動強度も低い点である。JST の実践動画を安衛研ウェブサイトで公開している(<https://www.youtube.com/c/JNIOSSHChannel>)

統計解析にはロジスティック回帰分析を適用し、オッズ比を算出した。その際、目的変数として健診データから求めた心血管疾患リスクの有無を、説明変数として WLAQ、JST それぞれによる推定 $\dot{V}O_{2max}$ で分類した CRF 群(低位、中位、高位)を、調整因子として性別、年齢、飲酒の有無、喫煙の有無、運動習慣の有無を、それぞれモデルに投入した。

3. 倫理面での配慮

本研究は計画の立案から実施に至るまで、ヘルシンキ宣言及び「臨床研究に関する倫理指針(厚生労働省)」に従って行った。研究実施に当たっては、対象者に対して研究内容を説明した上で、研究参加に関する同意文書に署名を受けた。本研究の内容は、労働安全衛生総合研究所研究倫理審査委員会にて審査され、承認されている。また、研究内容に変更が生じた際はその都度、委員会に申請し、承認を得ている(承認番号:H2920, 2019N10, 2020N18, 2021N06)。

C. 結果

1. WLAQ による推定 $\dot{V}O_{2max}$

WLAQ による推定 $\dot{V}O_{2max}$ 低位群を基準(1.00)とした場合、心血管疾患リスクは中位群で 0.28(0.18-0.43)、高位群で 0.09(0.05-0.16)であり、推定 $\dot{V}O_{2max}$ が高いほど疾病リスクが有意に軽減した。(図 1)

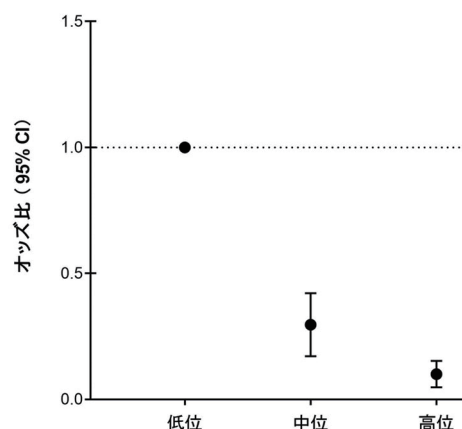


図 1 WLAQ による推定 $\dot{V}O_{2max}$ と心血管疾患リスクとの関係

2. JST による推定 $\dot{V}O_{2max}$

JST による推定 $\dot{V}O_{2max}$ での分析結果も WLAQ での結果と同様であった。JST による推定 $\dot{V}O_{2max}$ 低位群を基準(1.00)とした場合、心血管疾患リスクは中位群で 0.43(0.29-0.64)、高位群で 0.19(0.12-0.29)であり、推定 $\dot{V}O_{2max}$ が高いほど疾病リスクが有意に軽減した。(図 2)

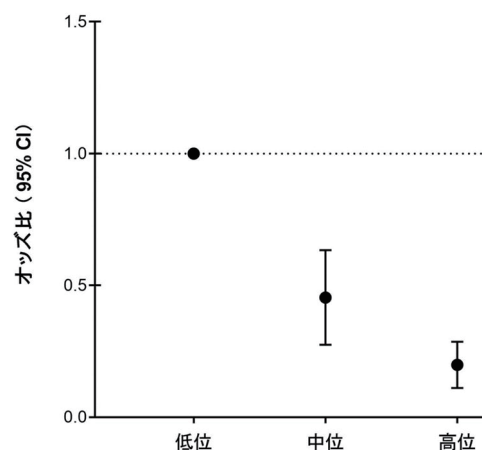


図 2 JST による推定 $\dot{V}O_{2max}$ と心血管疾患リスクとの関係

D. 考察

1. WLAQ と JST の妥当性

本研究では、労働者向けの新しい CRF 評価法の妥当性を、心血管疾患リスクとの関係から検証するための横断研究を行った。その結果、開発した質問票(WLAQ)や簡易体力

検査法 (JST) から求めた推定 $\dot{V}O_{2max}$ は、心血管疾患リスクと有意な関係にあること、すなわち、推定 $\dot{V}O_{2max}$ 高位群の心血管疾患リスクは低く、低位群のリスクは高いことが示された。これらの結果は、実測 $\dot{V}O_{2max}$ での CRF 評価と疾病リスクとの関係と同様であり、WLAQ や JST による CRF 評価法が健康指標として有用であることを示すものである。

WLAQ による CRF 評価では対象者が運動を行う必要がないため、対象者だけでなく、検者側の負担も少ない。そのため職域での疫学調査に有効である。一方、労働者個人の健康管理を行う場面を考えると、質問票のみでは個人差を捉えきれない可能性があり、心許ない。そこで我々は、CRF の個人差をより正確に捉えるため、体力検査で得られる心拍数などの生体情報を評価に組み入れることを検討している。JST はその有力候補の一つである。JST の特徴は、労働者を対象とした実験で開発された点や他のステップテスト (Chester step test など) より所用時間が短く、運動強度も低い点であり、 $\dot{V}O_{2max}$ 推定精度は他のステップテストと同等である。しかし、これまでのところ、JST による $\dot{V}O_{2max}$ 推定精度が WLAQ による推定精度より著しく優れていることを示すデータは得られていない。その上、JST 測定に必要なステップ台は運用面での障壁となる。また、JST による CRF 評価では運動実践中の心拍を計測することになるのだが、実験では胸部に電極を付ける方法を採用している。しかし、労働者が職場や自宅で検査を行う場合は、時計型の心拍センサーなど、より簡便な方法が必要となるはずであり、さらに言えば、昨今のウェアラブル機器の性能を考えると、取得する生体情報を心拍数に限定する必要はないのかもしれない。このあたりが今後の課題である。

2. 今年度に取り組んだその他の作業

WLAQ や JST による横断研究以外に、今年度は以下の作業に取り組んだ。

1) 疫学調査参加者の追跡調査

疫学調査では 1 年毎の追跡調査を行うことで、よりエビデンスレベルの高い縦断的な分析が可能となる。本研究の参加者に対しても、継続的な調査依頼が可能対象者に対しては追跡調査への協力を呼び掛けている。追跡調

査では、WLAQ と当該年度の健診結果を郵送法にて回収している。昨年度は、ベースライン調査への参加者 302 人に追跡調査を呼びかけ、198 人のデータを得た。今年度は 600 人程が依頼対象であり、データ回収は年度末まで行うこととしている。

2) JST 改良実験

第 1 期に企業数社で JST 測定を試みたところ、運営に携わる担当者の労務負担は少なく、労働者を対象に体力検査を実現するにはさらなる効率化が必須であることを実感した。また、対象者への聞き取り調査では、人前での運動実践を好まない人が少なからずいることが分かった。その一方で、我々の別の調査⁵⁾では、80% 近くの労働者が自身の体力レベルを (簡単に分かるなら) 知りたいと答えている。これらの課題を解決するための手段としては、労働者を所定の会場に集めて体力検査を行う方法ではなく、労働者自身がそれぞれ都合の良い時間や場所で検査を行える仕組みが望ましい。そこで第 2 期からは、JST をステップ台がなくても実践できる内容に改変するための実験を行っている。また、体力検査としての JST には、質問票では捉えきれない個体差を検出する推定精度が求められる。改良実験では精度向上に資する取り組みも行っており、これまでに 100 人程の実験データを得ているが、現状では、良好な推定精度となる方法を特定できていない。

3) 調査システム構築

労働者を対象に WLAQ や JST を円滑に行うためには、体力検査の内容だけでなく、運営に携わる担当者の負担を軽減するなど、大規模データを効率的に収集する仕組みが必要である。第 2 期後半より、IT 技術を用いた調査システム構築作業に着手している。具体的には、WLAQ 調査のオンライン化やウェアラブル機器 (身体活動量計) データの自動処理化である。WLAQ 調査のオンライン化は完了しており、企業数社での疫学調査に導入している。ウェアラブル機器データの自動処理化作業も順調に進捗しており、手作業で行っていたデータ処理が IT 化により大幅に短縮された成果を学会で発表した。今後の課題は、活動日誌のアプリ化、結果返却のオンライン化、体力検査のウェブ利用等である。

E. 結論

本研究では、労働者向けに開発した新しい CRF 評価法である WLAQ と JST を用いた疫学調査(横断研究)を行った。その結果、これらの評価法から得られた CRF 値が疾病リスクと強い関係にあることが分かった。この結果は、先行研究で示された実測 $\dot{V}O_{2max}$ と疾病リスクとの関係と同様であり、新しい評価法の有用性を示すものである。特に WLAQ は今後の疫学調査で活用できる。一方、労働者個人の健康管理には質問票だけでなく、心拍数などの生体情報を評価に取り入れたい。JST はその候補であるが、汎用性や精度の面でまだ課題がある。今後の研究で改善したい。

F. 健康危機情報

該当せず。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 松尾知明, 蘇 リナ, 村井史子. 運動トレーニング介入による実測 $\dot{V}O_{2max}$ の変化に推定 $\dot{V}O_{2max}$ は追従できるか, 第 76 回日本体力医学会大会, 予稿集, p.237.
- 2) 蘇 リナ, 村井史子, 松尾知明. 労働者の座位時間評価方法の検討: activPAL、オムロン活動量計、WLAQ (調査票), 第 76 回日本体力医学会大会, 予稿集, p.247.
- 3) 村井史子, 松尾知明, 蘇 リナ. 大規模疫学調査に向けた身体活動・心拍データ処理システムの開発, 第 76 回日本体力医学会大会, 予稿集, p.247.

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

なし

I. 文献

- 1) Ross R, Blair SN, Arena R et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from

the American Heart Association. *Circulation*. 2016; 134: e653-e699.

- 2) Matsuo T, So R, Takahashi M. Workers' physical activity data contribute to estimating maximal oxygen consumption: a questionnaire study to concurrently assess workers' sedentary behavior and cardiorespiratory fitness. *BMC Public Health*. 2020; 20(1): 22.
- 3) Matsuo T, So R, Takahashi M. Estimating cardiorespiratory fitness from heart rates both during and after stepping exercise: a validated simple and safe procedure for step tests at worksites. *European Journal of Applied Physiology*. 2020; 120(11), 2445-2454.
- 4) Rywik TM, O'Connor FC, Gittings NS et al. Role of nondiagnostic exercise-induced ST-segment abnormalities in predicting future coronary events in asymptomatic volunteers. *Circulation*. 2002; 106(22): 2787-92.
- 5) Matsuo T, So R. Socioeconomic status relates to exercise habits and cardiorespiratory fitness among workers in the Tokyo area. *Journal of Occupational Health*, 2021; 63(1): e12187.