

平成30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・主任研究員

【研究要旨】

過労死やその関連疾患の防止策を検討する疫学研究では、労働時間等の外的要因だけでなく、労働者自身が備え持つ特性（内的要因）を含めた議論を行い、「外的要因の制御」と「内的要因の改善」の両面から防止策を検討する必要がある。本研究では、“心肺持久力（cardiorespiratory fitness：CRF）”を重要な内的要因として掲げ、今後の疫学研究でCRFを含めた検討が行えるよう、まず、その簡便な評価法（仮称 HRmix）の開発を目指している。

今年度は、1) 第1期（H27-29年度）で取得したデータの解析によるHRmix_ver.1の開発、2) HRmix_ver.1を改良するための被験者実験、3) HRmix_ver.1を用いた横断研究に向けたデータ収集を行った。開発されたHRmix_ver.1は、性別、年齢、BMI、質問紙（JNIOOSH-WLAQ-CRF）情報、活動量計（ウェアラブル機器）情報、体力測定（JNIOOSHステップテスト）情報を組み合わせたCRF評価法である。

今後、企業等に出向き、大人数を対象にHRmixによる測定・調査を行うためには、また、HRmixによるCRF評価を労働者の健康管理ツールとして活用するためには、測定・調査方法のさらなる簡便化（HRmix_ver.1の改良）だけでなく、企業担当者の負担軽減策が必要である。

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）

の身を護るための要素として体力、特にヒトの代表的な体力指標であり、疾患発症との関連が強いとされる“心肺持久力（cardiorespiratory fitness：CRF）”に着目した実験に、第1期から継続して取り組んでいる。

A. 研究目的

1. 研究の背景

過労死やその関連疾患の防止策を検討する疫学研究では、労働者を取り巻く様々な環境因子の中からイベント発生（疾患発症等）との関係が強い外的要因を特定し、その影響を数値化するための分析を行うこととなるが、分析に際しては、外的要因だけでなく、影響を受ける個体側（労働者側）の特性も含めて検討する必要がある。労働時間等の外的要因だけでなく、労働者自身が備え持つ特性（内的要因）を含めて議論することで、「外的要因の制御」と「内的要因の改善」の両面から防止策が検討できる。

労働者個人が備え持つ特性としては、年齢、性別、体格、基礎疾患の有無、服薬・喫煙・飲酒状況などの基本的特性がまず挙げられるが、本研究班は、これらに加え、労働者自身が自ら

2. 第1期（H27-H29年度）の研究成果

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、 $\dot{V}O_{2max}$ 評価のために行われる運動負荷試験は、対象者に高強度運動を求めたり、熟練した測定者と高額な装置が必要であったり、一人当たりの測定に要する時間が長かったりするため、職場では取り入れにくい。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、それらは必ずしも職場での活用が想定されているわけではない。本研究では、簡易な体力測定にウェアラブル機器や質問紙の情報を加えた新しいCRF評価法（仮称 HRmix）の開発を目指している。HRmixを開発する作業は、 $\dot{V}O_{2max}$ をCRF評価

のゴールドスタンダードとしたうえで、 $\dot{V}O_{2max}$ を推定するための因子を特定する作業、あるいは、 $\dot{V}O_{2max}$ と関連の強い因子で対象者をできるだけ細かく分類する作業と言える(図1)。因子の探索・選定に際しては、先行研究を参考にしつつ、測定・調査が容易な因子がまず候補となる。職場健診等で定常的に入手される情報であり、 $\dot{V}O_{2max}$ との強い関連が先行研究で示されている、性別、年齢、体格などである。これらの情報のみでのCRF評価($\dot{V}O_{2max}$ 推定)も可能ではあるが、その場合、それらが同一の対象者は全て同一のCRF値と評価されてしまうため、HRmix開発においては、 $\dot{V}O_{2max}$ に関連が強く、且つ、測定・調査時の検者・被検者の負担が少ない独自因子をいかに見出すかがポイントとなる。とは言え、既存因子の利用には限界があるため、これまでにない新しい因子(測定・調査ツール)の開発が必要であり、そのような観点から第1期では、 $\dot{V}O_{2max}$ に関連の強い因子を探索する作業、さらには、新しい測定・調査ツールを開発する作業に取り組み、その結果、HRmixでの活用を企図した新しいツールとして、質問紙JNIOOSH-WLAQ-CRF(以下、WLAQ)と簡便な体力測定法JNIOOSHステップテスト(図2)を開発した。

3. 今期(第2期)の課題と今年度の作業

第2期の課題は、①HRmix_ver.1開発に向けたデータ分析とその改良(精度向上とさらなる簡便化)に向けた被検者実験、②HRmix_ver.1を用いた横断研究(CRF値と健診データとの関係を検討)である。これらを踏まえた今年度の具体的な作業として、以下を予定した。

1. 第1期で得た全データの詳細な分析(HRmix_ver.1の開発)
2. HRmix_ver.1を改良するための被検者実験(データ収集)
3. HRmix_ver.1を用いた横断研究に向けたデータ収集

B. 研究方法

1. 第1期で得た全データの詳細な解析(HRmix_ver.1の開発)

第1期では30~60歳の労働者男女122人を対象に、WLAQ調査、JNIOOSHステップテスト、ウェアラブル機器測定等の被検者実験を行い、データを収集した。今年度は、まず、それらのデータを詳細に分析する作業を行った。具体的

には、各測定・調査ツールから得られるデータから多数のパラメータを作成し、それらと $\dot{V}O_{2max}$ との関連の程度を検討した。続いて、 $\dot{V}O_{2max}$ と関連の強いパラメータを複数選定し、 $\dot{V}O_{2max}$ 推定に効果的な因子の組み合わせを探索した(HRmix_ver.1開発作業)。

2. HRmix_ver.1を改良するための被検者実験(データ収集)

第1期の実験を通じて、HRmix開発の課題として、男女差を検討する必要があること、日常の心拍データの取得方法(ウェアラブル機器の選択等)を改良する必要があることなどが挙げられていた。それらを検討するため、第1期と同様の被検者実験を本年度も行った。

対象者は研究所の実験室に来室し、身体計測、JNIOOSHステップテスト、トレッドミルを用いた $\dot{V}O_{2max}$ 測定、質問紙調査(WLAQ等)を行い、測定日の翌日より約1週間、2種類のウェアラブル機器(活動量計と心拍センサー)を同時に装着した。

3. HRmix_ver.1を用いた横断研究に向けたデータ収集

第2期では被検者実験だけでなく、HRmix_ver.1を用いた横断研究にも取り組むこととしており、今年度よりデータ収集を開始した。データ収集のための測定と調査は、研究所実験室若しくは協力企業の会議室で行った。測定・調査項目は、身体計測、JNIOOSHステップテスト、質問紙調査(WLAQ等)、1年以内の健診データ(BMI、腹囲、血圧、血糖、HbA1c、HDLコレステロール、中性脂肪等)である。また、上述の被検者実験と同様に、対象者は測定日の翌日より約1週間、2種類のウェアラブル機器(活動量計と心拍センサー)を同時に装着した。

(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うえで、研究参加に関する同意文書に署名を受けた。本研究は、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、承認を得たうえで行った(通知番号:H2744, H2810, H2920, H3004)。

C. 研究結果

1. 第1期で得た全データの詳細な解析 (HRmix_ver.1の開発)

分析の結果、性別、年齢、体格 (BMI) の他に、WLAQ から得られるデータを用いて作成した1パラメータ、活動量計 (ウェアラブル機器) から得られるデータを用いて作成した1パラメータ、JNIOOSH ステップテストから得られるデータを用いて作成した1パラメータを組み合わせ作成した“HRmix_ver.1”を考案した。現在、実験内容の詳細を記述した論文を研究誌に投稿中である。専門家による学術的な審査を経て、論文が受理された段階で、HRmix_ver.1の開発完了とする予定である。

2. HRmix_ver.1 を改良するための被験者実験 (データ収集)

今年度中に、30~60歳の労働者男女80人 (男性39人、女性41人) のデータを取得できる見込みである。データ分析 (特にウェアラブル機器データの処理) に時間を要するため、今年度は被験者実験によるデータ収集のみを行い、データ処理及び分析作業は次年度以降に行う。

3. HRmix_ver.1 を用いた横断研究に向けたデータ収集

今年度中に、30~60歳の労働者男女146人 (男性70人、女性76人) のデータを取得できる見込みである。HRmixによるCRF値と健診データとの関係を横断的に検討するためには、多人数のデータが必要となる。第2期3年間で、計1,000人程のデータ収集を目標にしている。

横断研究を進めるに当たっては、参加者をいかに募るかが重要課題となる。本研究の進め方としては、被験者を個別に募るだけでなく、協力企業を募り、その従業員を対象とした測定を行う方法が効率的である。協力企業を募る場合は、企業及びその従業員が本研究に参加する意義や利点を示す必要がある。そこで、本研究では、横断研究に参加した対象者が自身の体力や身体活動の状況を客観的データとして把握でき、それを自身の健康増進に役立てられるよう、個別分析結果 (CRF評価、身体活動状況の評価) を返却することとし、本年度はそのためのシステム構築に取り組んだ。このシステムにより作成される個別結果返却資料の例を添付資料1に示す。

D. 考察

今年度に取り組んだ重要な作業は、第1期の被験者実験で得たデータをHRmix_ver.1開発に向けて詳細に分析する作業であった。その結果、HRmix_ver.1の候補となる測定・調査方法を考案し、その詳細についてまとめた論文を現在、研究誌に投稿している。審査員との議論を経て、測定・分析方法に関するコンセンサスが得られた段階で、HRmix_ver.1の開発完了としたい。審査員の指摘によりHRmix_ver.1の内容を変更する可能性があるため、本稿では、以下にその概要のみを記す。

HRmix_ver.1 (候補) は、性別、年齢、BMI、WLAQから作成したパラメータ、活動量計 (ウェアラブル機器) から作成したパラメータ、JNIOOSH ステップテスト (体力測定) から作成したパラメータを組み合わせたCRF評価法である。その組み合わせは、測定・調査が容易な順に3段階あり、①性別、年齢、BMI、WLAQを組み合わせたモデル、②そこに活動量計測定を組み合わせたモデル、③さらに体力測定を組み合わせたモデルである。CRF評価としての妥当性 (VO_{2max} との相関の強さ) は①、②、③の順に高まるが、測定・調査の負担は同順で増す。

今年度は、横断研究の一環として企業の会議室等に出向き、その企業の従業員を対象に、体力測定を含めたモデル (③) での測定・調査を試みた。JNIOOSH ステップテストは一人当たりの測定時間は5分程であり、複数名が同時に実施できる。測定会場には運動実践に伴う和やかな雰囲気生まれることもあり、特に健康経営を目指す企業にはJNIOOSH ステップテストによる体力測定会は好評であった。しかし、企業内担当者には、参加者の時間調整や個別分析結果資料の配布作業など、相応の負担が生じた。本研究で行う横断研究では、今後はさらに大人数の測定が必要となることを考えると、企業担当者の負担軽減は必須である。その対策として、HRmix改良研究 (実験研究) では、HRmix_ver.1のさらなる簡略化を目指す実験を計画しており、実務面では、評価方法のマニュアル化や個別分析結果返却時のウェブ活用システムの構築などを進めている。

これまでの研究から得られたその他の課題として、ウェアラブル機器データの処理方法が挙げられる。最近ではウェアラブル機器の機能が向上し、対象者の日常の身体活動状況に関するデータを細かく、正確に収集できるようになった。しかし、そのデータは1分単位や1秒単位

で収集されるため、1 被験者の 1 週間分のデータ数は膨大となる。特に、本研究のようにデータマイニング的な分析を必要とする研究では、データの加工・分析作業が極めて重要となる。この作業を全て手作業で行うには限界があるため、現在、データ処理作業の効率化（専用プログラム開発等）を進めている。

E. 結論

今年度は、1) 第 1 期のデータを詳細に解析することによる HRmix_ver.1 の開発、2) HRmix_ver.1 を改良するための被験者実験、3) HRmix_ver.1 を用いた横断研究のためのデータ収集を行った。HRmix は研究での活用だけでなく、企業における社員の健康管理ツールとしても活用できる可能性がある。しかし、そのためには、企業担当者の負担軽減策に加え、HRmix の改良（さらなる簡便化）が必要である。

CRF 評価を疾病予防策に活用することについては国際的にも唱えられており、例えば、American Heart Association (AHA) は、その公式声明論文 (Circulation, 2016) の中で、CRF は重要な循環器疾患リスクファクターの中で、唯一、定期的に検査される仕組みが整っていない健康指標である、と指摘している。HRmix の開発及びその活用システム構築に向けた研究を進展させることで、過労死関連疾患の予防に貢献する成果、ひいては国民の健康増進に貢献する成果をあげたいと考えている。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 学会等での発表

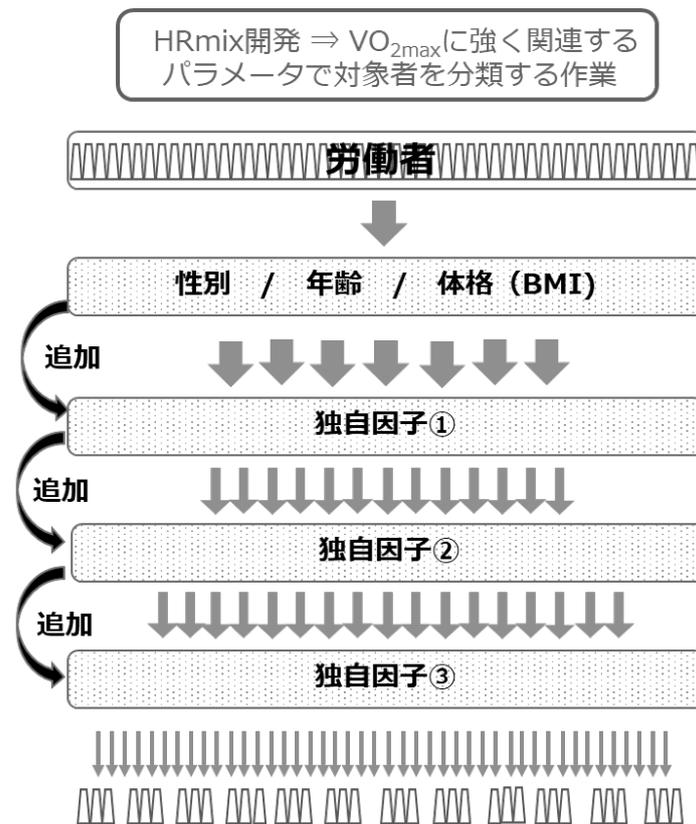
- 1) Tomoaki Matsuo, Rina So. A new practical procedure for assessing cardiorespiratory fitness in workplace health check-ups. The 32nd International Congress on Occupational Health, Dublin, Ireland, 2018. 4. 29-5. 4.
- 2) Tomoaki Matsuo, Rina So. Worker's Cardiorespiratory Fitness Evaluation Using a 3-min Step Test with Daily Physical Activity Assessments. The 65th annual meeting of American College of Sports Medicine, Minneapolis, USA, 2017. 5. 29-6. 2. Medicine & Science in Sports &

Exercise50(5S):408, May 2018.

- 3) 松尾知明, 蘇リナ. 労働者の心肺持久力を簡便且つ安全に測定するための指標開発. 第 91 回日本産業衛生学会, 熊本, 2018. 5. 16-19. 予稿集 P289.

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

なし



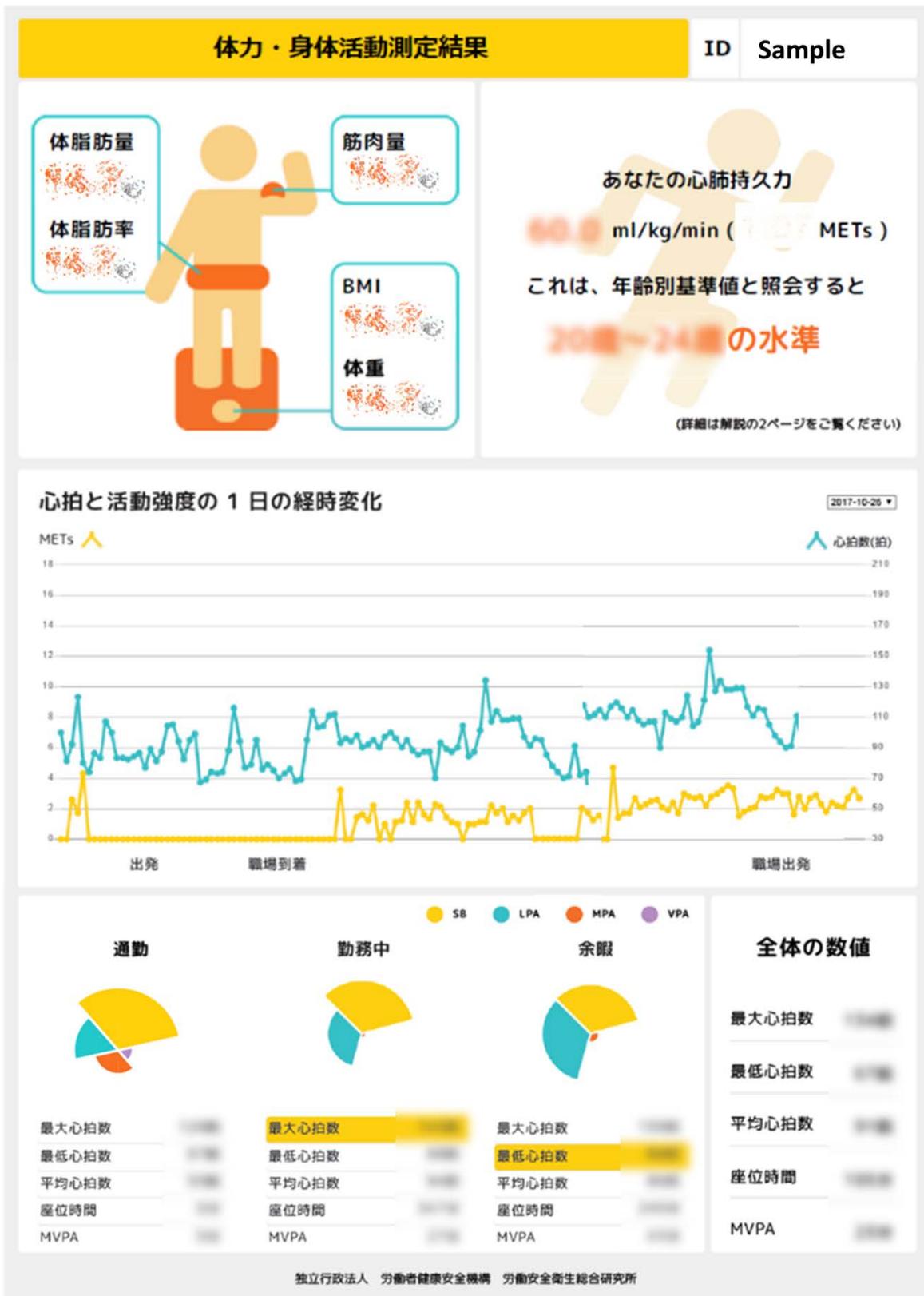
【図1. HRmixを開発する作業】

JNIOSHステップテスト	
測定所要時間	ステップ運動(3分) + 運動後安静(2分)
測定プロトコール	Stage 1 : 60 BPM × 1分 Stage 2 : 80 BPM × 1分 Stage 3 : 100 BPM × 1分 運動後安静 : 2分

高さ30 cm

【図2. JNIOSHステップテスト】

【添付資料 1. 個人の結果返却資料】



1 体組成と肥満指標

- BMI (kg/m²): Body Mass Index の略で体格指数の一つです。身長と体重の値を用いて算出します。肥満判定にも使われており、国際的には30kg/m²以上が肥満とされていますが、日本では25kg/m²以上を肥満としています。BMIの理想値(統計的に病気にかかりにくい値)についても様々な研究がありますが、22~23kg/m²を理想値とする研究が多いです。

$$\text{BMI (kg/m}^2\text{)} = \text{体重 (kg)} \div \text{身長 (m)}^2$$

※身長は170cmの場合、1.7mで計算

- 体脂肪率(%): 体重に対する体脂肪の割合です。成人女性は30%、成人男性は25%を超えると脂肪過多と評価されています。

$$\text{体脂肪率 (\%)} = \text{体脂肪量 (kg)} \div \text{体重 (kg)} \times 100$$

2 心肺持久力

- 様々な体力指標の中でもヒトの健康に強く関与するのが心肺持久力であり、「全身的な身体活動の継続」に必要な体力です。主に運動負荷テストで測定した最大酸素摂取量により評価されます。心肺持久力は循環器疾患や代謝疾患あるいはがんの発症に関与することが多くの研究で明らかにされており、普段の生活でも「疲れやすさ」に関係します。年代別、性別の基準値を下表に示します。ご自身の心肺持久力が基準値と比べてどの程度かをご確認ください。最大酸素摂取量を正確に測定するには運動中の呼吸を採取する必要があります。皆様の結果として示されている値は「最大酸素摂取量の推定値」です。

ランニングマシンを用いて測定した最大酸素摂取量の年齢別基準値

年齢	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-
男性	57.9 (16.5)	55.0 (15.7)	52.1 (14.9)	49.2 (14.0)	46.3 (13.2)	43.4 (12.4)	40.5 (11.6)	37.6 (10.7)	34.7 (9.9)	31.8 (9.0)	28.9 (8.3)
女性	46.3 (13.2)	44.0 (12.6)	41.7 (11.9)	39.4 (11.3)	37.1 (10.6)	34.9 (10.0)	32.6 (9.3)	30.3 (8.7)	28.0 (8.0)	25.7 (7.3)	23.4 (6.7)

単位: 上段 ml/kg.min (下段 METs)

出典: 野本政登 他, 2009

3 心拍数・METs (身体活動強度)

心拍数とMETs(身体活動強度)の1日の変化の様子を示しています。また、皆さんにご記載いただいた日誌のデータから、勤務日、通勤中、勤務中、就労後の余暇時間中に分けて示しております。
※グラフ線や表内の数値がきちんと表示されていない場合があります。これは日誌の記入が抜けていたり、ウェアラブルデータが適切に取れていなかったりした時間帯のデータです。

● 心拍数

心臓が血液を全身に送り出す際の拍動の回数を示します。心臓の拍動は全身の動脈に伝わり、脈拍が生じます。脈拍は心拍と同じリズムを刻んでいるため通常は同じ意味で用いられます。グラフでは、腕時計タイプのウェアラブル機器で測定した心拍数(脈拍数)を示しています(黄線)。

● METs (メッツ)

身体活動の強さを表す単位で安静時の何倍に相当するかが示されます。座って安静にしている状態が1METs、通常歩行が3METsに相当します。グラフでは、腰につけるタイプのウェアラブル機器で測定したMETs値を示しています(青線)。

4 身体活動強度

身体活動は4つの強度に区別されます(下表)。一般的には、MPA以上の身体活動を1週間に150分間以上おこなうことが推奨されています。最近ではSB(座位行動)が疾患発症に関わることを示す研究も多いです。円グラフで黄色の部分が多い方は座りすぎの生活習慣になっている可能性があります。

SB (Sedentary behavior)	座位行動 (1MET以上 1.5METs未満)
LPA (Light-intensity Physical Activity)	低強度身体活動 (1.5METs以上 3.0METs未満)
MPA (Moderate-intensity Physical Activity)	中強度身体活動 (3.0METs以上 6.0METs未満)
VPA (Vigorous-intensity Physical Activity)	高強度身体活動 (6.0METs以上)

5 最大心拍数・最低心拍数・平均心拍数

心肺持久力を高めるには、過度にならない範囲で心拍数を高める(心臓に適度な刺激を与える)ことが必要です。ただし、心拍数は心理的な影響(ストレス)でも高まります。適度な身体活動による心拍増加と心理的ストレスによる心拍増加は健康への影響が異なると言われております。身体活動による心拍数の高まりが少ない方は、通勤時の早歩きや勤務中の階段利用など、心臓に適度な刺激を与えるよう工夫してみましょう。